LOS HOMBRES de la historia 102

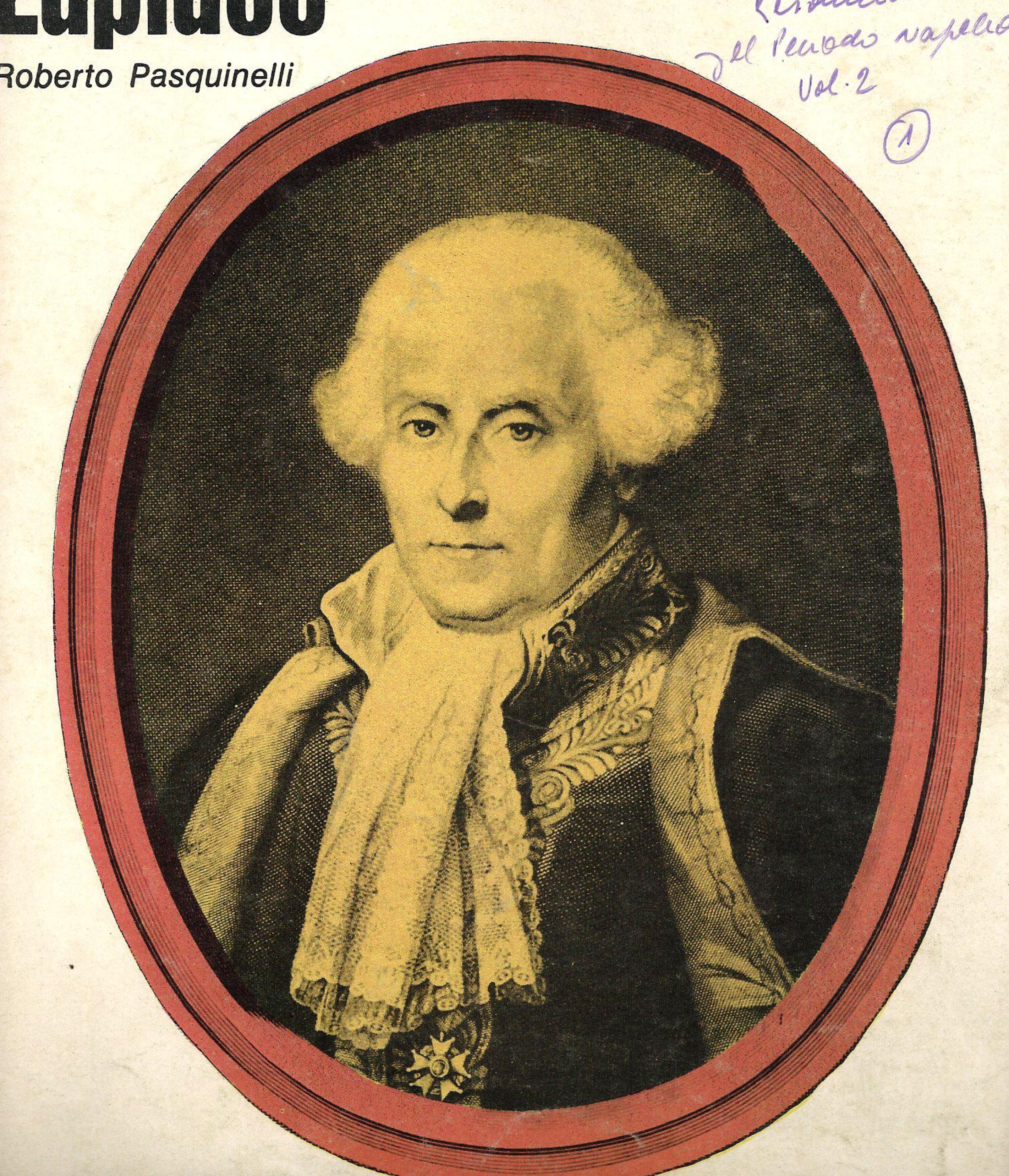
La Historia Universal
a través de
sus protagonistas

Laplace

Centro Editor de
América Latina

Revolución francesa
del Periodo napoleónico
Vol. 2
(1)

Roberto Pasquinelli



LOS HOMBRES de la historia

A fines del siglo XVIII y a comienzos del XIX, Laplace fue quien expresó en una grandiosa síntesis enciclopédica de genuina inspiración iluminista, las más importantes y vastas implicaciones de la teoría de Newton en el campo del conocimiento natural. No sólo delineó su célebre "sistema del mundo", sino que desarrolló monumentales investigaciones de "mecánica celeste", dándole forma lúcida al postulado del determinismo científico. El análisis matemático, el cálculo de probabilidades, la calorimetría y otros importantes campos de estudio fueron igualmente abordados por él con nuevos y serios exámenes, a la vez que con duradero y considerable éxito. El enorme volumen y dificultad de los problemas tratados, su severa y sistemática profundización técnica, la refinada metodología, el vivo interés por las aplicaciones de las ideas científicas, la claridad cartesiana del lenguaje, así como la investigación de teorías cada vez más generales o comprensivas y la fe en el progreso del conocimiento humano concurren a calificar la obra de Laplace como la de uno de los mayores científicos del tardío Iluminismo. El logró desarrollar hasta las consecuencias extremas el núcleo esencial de tesis básicas de la ciencia del XVIII y con tal desarrollo señaló en buena medida, al pensamiento científico del siglo pasado y al actual, el camino a seguir. Verdadero heredero de la **Encyclopédie** en cuyo espíritu supo efectivamente promover la que fue tal vez la máxima exaltación de las ciencias exactas, reivindicó con resuelta lucidez y concreto éxito entre los hombres de su tiempo tanto el alto valor cognoscitivo como la rica potencialidad de aplicaciones prácticas de las mismas. Nació en Francia el 23 de marzo de 1749 y murió el 5 de marzo de 1827

Esta obra ha sido publicada originalmente en Italia por Compagnia Edizioni Internazionali S.p.A. - Roma Milán.
Director Responsable: Pasquale Buccomino
Director Editorial: Giorgio Savorelli
Redactores: Mirella Brini, Ido Martelli, Franco Occhetto, Andreina Rossi Monti

102 · Laplace. La Revolución Francesa y el período napoleónico

Este es el primer Fascículo del tomo La Revolución Francesa y el período napoleónico (Vol. 2).
La lámina de la tapa pertenece al tomo La Revolución Francesa y el período napoleónico (Vol. 2) del Atlas Iconográfico de la Historia Universal.

Ilustraciones del fascículo Nº 102:
Falchi. Archives photographiques

Centro Editor de América Latina S. A.
Piedras 83 - Buenos Aires
Hecho el depósito de ley
Impreso en la Argentina - Printed in Argentina
Se terminó de imprimir en los talleres gráficos de Sebastián de Amorrortu e Hijos S. A. - Luca 2223, Buenos Aires, en Mayo de 1970

Laplace

Roberto Pasquinelli

1749
Pierre-Simon Laplace nace el 23 de marzo en Beaumont-en-Auge, en el departamento de Calvados, en Normandía, en el seno de una modesta familia de agricultores.

1765
Asiste al *Collège des arts* de Caen, donde tiene la posibilidad de perfilar sus propios intereses científico-matemáticos.

1770-1771
Se traslada a París, logrando hacerse conocer y apreciar como matemático por D'Alembert, que propicia su nombramiento como docente de matemática en la Escuela Militar de París.

1773
Publicadas sus primeras memorias matemático-científicas, es admitido como nuevo miembro de la Academia de Ciencias de París.

1780
Juntamente con Lavoisier, lleva a término la invención del calorímetro.

1783-1784
Asume el cargo de examinador de los alumnos de la Escuela real de artillería, entre los cuales juzga al joven Napoleón Bonaparte.

1788
Se casa con Charlotte de Courty de Romanges.

1790-1791
Junto con Borda, Lagrange, Monge y Condorcet, es designado para formar parte de la Comisión de los pesos y las medidas, la que determina como unidad de longitud al metro.

1795-1796
Aparte de ser investido con el cargo de vicepresidente, y luego de presidente, de la Academia de ciencias, obtiene el nombramiento de profesor de análisis en la Escuela Normal de París. Durante 1796 tiene lugar, siempre en París, la publicación de su primer libro célebre: *Exposition du système du monde* [Exposición del sistema del mundo].

1798-1799
Entrega a la editorial Duprat, de París, los dos primeros volúmenes del *Traité de mécanique céleste* [Tratado de mecánica celeste]. Recibe también de Napoleón Bonaparte, ya cónsul, el cargo de ministro de asuntos interiores, que pronto es revocado a cambio de un puesto en el Senado.

1803
Es elegido como vicepresidente y canciller del Senado, registrándose también en su activo la aparición del tercer volumen del *Traité de mécanique céleste.*

1806
Se le confiere el título de conde.

1812
Aparece su *Théorie analytique des probabilités* [Teoría analítica de las probabilidades], editado por Courcier, de París.

1814
En el pasaje del régimen napoleónico a la restauración, abandona a Bonaparte, sorpresivamente, para someterse con pronta aquiescencia a Luis XVIII. Además publica, en París, el *Essai philosophique sur les probabilités* [Ensayo filosófico sobre las probabilidades].

1816-1817
Acogido como miembro de la Academia de Francia, obtiene el título de marqués.

1820
Se ocupa de una nueva edición de la *Théorie analytique des probabilités*, que incluye como introducción el *Essai philosophique sur les probabilités.*

1825
Reuniendo escritos publicados en forma independiente en el lapso de dos años (desde 1823), lleva a término la publicación del quinto y último volumen del *Traité de mécanique céleste.*

1827
El 5 de marzo, luego de un breve período de enfermedad, Laplace cierra su propia vida en Arcueil, en las cercanías de París. En su elogio fúnebre se sostiene la comparación que indica en él al "Newton francés".

Entre matemática y astronomía

El profundo y sugestivo contenido de la teoría de la gravitación universal de Newton, luego de ser viva y ampliamente combatido durante los últimos años del siglo XVII y los primeros años del siglo siguiente, en el curso ulterior del XVIII llegó a imponerse en forma triunfal, terminando por constituir oficialmente la piedra basal de todas las investigaciones astronómicas y físicas del período. Tal adquisición científica tuvo también notable influencia en el plano de la cultura general y de la filosofía, como lo atestiguan claramente, entre otros, las mismas orientaciones sostenidas en la *Encyclopédie* y en la obra de Kant. Sobre este fondo Laplace, a fines del siglo XVIII y a comienzos del XIX, supo expresar con la mayor concreción y en una grandiosa síntesis enciclopédica de genuina inspiración iluminista, las más importantes y vastas implicaciones de la teoría newtoniana en el campo del conocimiento natural. Delineó así su célebre "sistema del mundo", a la vez que desarrolló monumentales investigaciones de "mecánica celeste" dándole forma lúcida al postulado del determinismo científico. El análisis matemático, el cálculo de las probabilidades, la calorimetría y otros importantes campos de estudio fueron igualmente abordados por el pensamiento de Laplace, con nuevos y serios exámenes, a la vez que con duradero y considerable éxito.
Según el elocuente y sugestivo juicio de uno de los máximos científicos franceses del siglo XIX, Fourier, "Laplace le ha dado a todos sus trabajos una dirección constante y única, de la que nunca se alejó, ya que la constancia imperturbable de sus opiniones siempre fue el rasgo característico de su genio. Él ya había alcanzado (antes de abordar el problema del sistema solar) los límites conocidos del análisis matemático, poseía lo que esta ciencia tenía entonces de más ingenioso y de más poderoso... Había resuelto una cuestión capital de la astronomía (presentándose a la Academia en 1773) y concibió el proyecto de consagrar sus esfuerzos a esta ciencia sublime, que él estaba destinado a perfeccionar y a la que podía abarcar en toda su extensión. Me-

ditó profundamente en su glorioso proyecto y dedicó toda su vida a realizarlo, con una perseverancia tal vez única en la historia de las ciencias. La inmensidad del tema halagaba el justo orgullo de su genio. Se propuso componer el *Almagesto* de su siglo, el monumento que nos dejara con el nombre de *Mecánica celeste*; y su trabajo inmortal supera al de Tolomeo como la ciencia analítica (el análisis matemático) de los modernos supera a los *Elementos* de Euclides."

De las palabras de Fourier resulta con suficiente claridad que hacia 1773, es decir, cuando Laplace acababa de superar los veinte años, sus intereses intelectuales estaban ya netamente configurados sobre la base de una doble, sólida directriz: el estudio de la matemática —en especial del análisis infinitesimal y del cálculo probabilístico— aparte de la investigación astronómica. Ello puede ser considerado como un efectivo e iluminante dato histórico ya que justamente entre 1772 y 1774 aparecieron —con inmediata resonancia en el mundo científico francés— algunos estudios originales de Laplace sobre dichos temas: "Memoria sobre las series recurre-recurrentes y sobre el uso de las mismas en la teoría de los casos", "Memoria sobre las soluciones singulares de las ecuaciones diferenciales y sobre las desigualdadaes seculares de los planetas", "Memoria sobre las investigaciones acerca del cálculo integral y sobre el sistema del mundo", "Ensayo sobre las probabilidades de las causas en base a los sucesos", y otros por el estilo.

Se trató, por parte del joven Laplace, de una iniciación sumamente calificada y promisoria en la cultura de su tiempo, iniciación que le proporcionó el abierto y halagador reconocimiento de la Academia de Ciencias de París.

Otros ensayos de Laplace sobre la misma problemática contribuyeron lentamente —durante los veinte años siguientes— a atestiguar en medida creciente la capacidad científica y el prestigio de su autor, tanto que él pudo así concluir proficuamente el ciclo de las investigaciones formativas y dedicarse entonces a la tarea más importante de los tratados sistemáticos de la madurez. En los términos convencionales de la cronología, el comienzo de éstos parece identificable con la publicación, ocurrida en París en 1796, del libro de Laplace: *Exposition du système du monde* [Exposición del sistema del mundo]. Es casi superfluo indicar que justamente los aportes de Laplace pertenecientes al período que acabamos de indicar presentan la mayor importancia teórica e histórica. Sin embargo, antes de dirigir la atención sobre los mismos, conviene referirse a la actividad previa de éste con el fin de subrayar algunos aspectos fundamentales de la misma, que luego serán constantes en el desarrollo total de su obra.

La primera característica que se presenta a los ojos de quien considere, aun sumariamente, el trabajo de Laplace en sus comienzos y en los veinte años siguientes, es la *estrecha conexión* que muy pronto se revela en el mismo entre los intereses matemáticos y los físicos. Para decirlo con otras palabras, Laplace mostró ya en dicho período su propensión a cultivar la matemática —como continuó haciéndolo luego— más en vista de sus *posibles aplicaciones* como medio de inferencia o de cálculo en el interior de la investigación concreta, mecánica y cosmológica, que como disciplina de por sí, autónoma, pura o abstracta. Luego de los escritos antes mencionados, su confianza en una tal conexión se acentuó notablemente a partir aproximadamente de los años 1777-1780, manifestándose en una serie de publicaciones muy significativas, por ejemplo, la "Memoria sobre la integración por aproximación de las ecuaciones diferenciales", la "Teoría del movimiento y de la figura elíptica de los planetas", la "Teoría de la atracción de los esferoides y de la figura de los planetas", así como "Memoria sobre la teoría del anillo de Staurno", el eminente trabajo de 1787-1789.

Justamente este último ensayo, que incluye la enunciación de la célebre "ecuación de Laplace":

$$0 = \frac{\delta^2 V}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 V}{\delta y^2} + \frac{\delta^2 V}{\delta z^2}$$

ilustra en el modo más claro su particular y afortunada tendencia a concebir la matemática sobre todo como instrumento de investigación empírica, antes que como ciencia independiente solamente. En efecto, la fórmula en cuestión no sólo resulta evidentemente aplicada dentro del ensayo mismo para resolver complejos problemas de mecánica celeste referentes a los anillos de Saturno, sino que ha terminado por constituir, en la evolución histórica de la teoría física —más que de las simples investigaciones matemáticas— del siglo XIX a la actualidad, un fecundo principio ya universalmente institucionalizado. No por nada en el siglo pasado. Poisson pudo escribir: "existe una profunda diferencia entre Lagrange y Laplace . . . Uno fue un gran matemático; el otro un gran filósofo, que trató de conocer la naturaleza utilizando para ese propósito la matemática superior".

La segunda característica que distingue en forma clara el desarrollo inicial del pensamiento de Laplace (que luego se radicará en él mismo como rasgo permanente) es la gran *amplitud y generalidad* de sus concepciones. Ello vale para lo que concierne a los estudios astronómicos tanto como para los estudios estrictamente matemáticos. En el primer caso, es notorio que las mismas contribuciones juveniles de Laplace que versaban sobre la figura y el movimiento de los planetas están desde el principio subordinadas —como aportes preliminares o parciales— a la realización de un proyecto mucho más vasto: la determinación puntual y rigurosa de la validez de la teoría

1. Retrato de Laplace, *de Paulin-Guérin. Museo de Versalles* (Falchi).

Laplace





1



2

1, 2. Medalla conmemorativa de la Academia. En una de sus caras el perfil de Luis XVI.

3. La Academia de Ciencias en el palacio del Louvre. Grabado de S. Le Clerc.

4, 5. Portadas de obras de Laplace.

6. La Memoria sobre el calor, *leída por Lavoisier y Laplace el 28 de junio de 1783 en la Academia real de Ciencias*

de la gravitación de Newton en relación a *todos* los fenómenos relevantes del sistema solar. Éste ha constituido el verdadero "gran problema" de Laplace, que implicaba directamente la necesidad de deducir de las leyes de Newton los efectos combinados de las perturbaciones recíprocas (atracciones y repulsiones) de cada miembro de la familia planetaria y del sol mismo, en modo de verificar la eventual capacidad acumulativa y de esparcimiento de los mismos, o viceversa, periódica y conservadora, aparte de la estabilidad o la inestabilidad del entero sistema. Con la demostración, cuando tenía poco más de veinte años, de que las distancias medias de los planetas desde el sol son fijas, aparte de ligeras variaciones, Laplace atestiguó en forma inequívoca desde entonces su radical empeño con respecto al "gran problema" de toda su obra astronómica.

También en el caso del trabajo de Laplace más propiamente matemático realizado durante el período considerado (como también a continuación) —recuérdese, por ejemplo, las *Lecciones de matemática*, texto de la enseñanza impartida por Laplace en la Escuela Normal de París en 1795—, es posible hallar una fisonomía análoga, apareciendo el mismo basado en tesis preponderantemente *generales*, si bien a menudo establecidas en forma sólo esquemática. Dan fe de ello, entre otros, los resultados de significación mucho mayor que él supo conseguir tanto en el campo de la teoría de las ecuaciones diferenciales como en el de la teoría de las funciones, o, en fin, en el de la teoría de las probabilidades; estos resultados, en más de una oportunidad, quedaron explícitamente ligados a su nombre: "ecuación de Laplace", "transformación de Laplace", "funciones generatrices de Laplace", "teoremas de Laplace", "regla de Laplace", etcétera. En forma muy indicativa, el juicio comparativo al que nos refiriéramos poco antes aparece retomado y confirmado por la actual historiografía de la matemática en forma tal de sugerir que "mientras por el rigor de las formulaciones la palma le corresponde a Lagrange, Laplace se impone por la amplia perspectiva de sus orientaciones conceptuales".

Un tercer aspecto de los comienzos de Laplace entre matemática y astronomía —en parte ya implícito en lo comentado hasta ahora— es que éste se reveló muy pronto *más astrónomo que matemático*, dedicándose siempre principalmente a tal interés primario, no obstante la intensa y fecunda reflexión prodigada también a los temas abstractos, como por ejemplo *La théorie analytique des probabilités* [La teoría analítica de las probabilidades]. Ello resulta tanto más conspicuo en cuanto sugiere además un atendible indicio para comprender por qué a menudo terminó por presentar —según la justa objeción de muchos críticos— sus propios *trabajos esencialmente matemáticos en forma demasiado simplificada y no del todo rigurosa.*

La mecánica celeste

La concepción, la redacción y la publicación del *Traité de mécanique céleste* [Tratado de mecánica celeste], realizadas por Laplace, con gran repercusión entre sus contemporáneos, en el curso de más de veinticinco años (el quinto y último volumen de esa obra apareció recién en 1825, cuando los dos primeros habían aparecido en 1798-1799), caracterizan en modo saliente toda la fase de la madurez del pensamiento del mismo. Justamente en virtud de los mismos él se impuso como uno de los astrónomos más eminentes de todas las épocas, asegurándole a la ciencia de los fenómenos celestes únicamente una contribución verdaderamente peculiar.

En verdad, Laplace no fue un astrónomo observador, es decir, no se distinguió por haber establecido nuevos datos empíricos sobre la naturaleza y el movimiento de los astros (como en cambio había sido, por ejemplo, el caso de Galileo, que con su revolucionario telescopio descubrió los satélites de Júpiter, las fases de Venus, etcétera); y tampoco fue un astrónomo teórico profundamente innovador, como en cambio resultaron, antes que él, Copérnico, Kepler y Newton, quienes supieron dar vida, respectivamente, a las originales y fecundas concepciones del heliocentrismo, de la hipótesis elíptica, y de la doctrina gravitacional. Laplace se reveló por sobre todo como un gran *sistematizador de la teoría astronómica*; o mejor, un gran sistematizador de aquel capítulo de la misma al que se le da justamente el nombre de "mecánica celeste".

Siendo así las cosas, resulta obvio que para ilustrar aun sólo sumariamente el significado de este aspecto del trabajo de Laplace es necesario evocar, por lo menos en sus grandes líneas, los antecedentes principales. Se trata, en particular, de señalar dos referencias históricas, una más remota y una más próxima en cuanto a las adquisiciones astronómicas de Laplace.

Ante todo, debemos mencionar la denominada "revolución astronómica" moderna en general. Entre sus bases (como, por ejemplo, la perspectiva heliocéntrica), propuestas por Copérnico, Galileo y otros, tuvo una importancia determinante la nueva orientación dinámica sugerida por Kepler y afirmada por Newton. En sus términos, la astronomía terminó por pasar de la consideración puramente *cinemática* de los fenómenos celestes, es decir, de la mera descripción y evaluación geométrica de las trayectorias de los planetas (que todavía proseguían los epígonos medievales de Tolomeo de Alejandría), sin interés alguno por las causas de los movimientos implicadas en las mismas, al estudio de la naturaleza, justamente, *dinámica*, o sea dedicada a integrar las mismas cogniciones cinemáticas con la verificación de las fuerzas agentes como factores de los movimientos planetarios. Así pudo originarse, en el sentido propio de la expresión, la "mecánica celeste".

3

THÉORIE

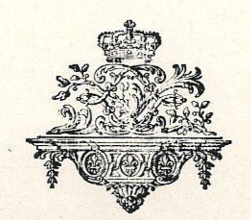
DES ATTRACTIONS

DES SPHÉROÏDES

ET DE LA FIGURE

DES PLANÈTES.

Par M. DE LA PLACE, de l'Académie Royale des Sciences.



A PARIS,

DE L'IMPRIMERIE ROYALE.

M. DCCLXXXV.

4

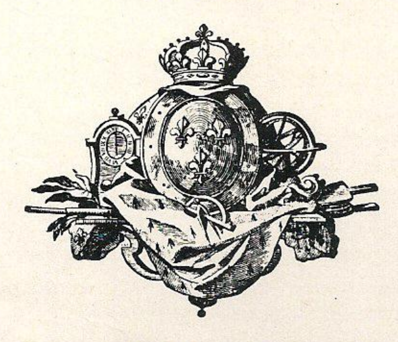
THÉORIE

DE JUPITER

ET

DE SATURNE.

Par M. DE LA PLACE, de l'Académie Royale des Sciences.



A PARIS,

DE L'IMPRIMERIE ROYALE.

M. DCCLXXXVII.

5

(3)

MÉMOIRE

SUR LA CHALEUR.

CE Mémoire eſt le réſultat des expériences ſur la chaleur, que nous avons faites en commun, M. de Lavoiſier & moi, pendant l'hiver dernier; le froid peu conſidérable de cette ſaiſon, ne nous a pas permis d'en faire un plus grand nombre: nous nous étions d'abord propoſé d'attendre, avant que de rien publier ſur cet objet, qu'un hiver plus froid nous eût mis à portée de les répéter avec tout le ſoin poſſible, & de les multiplier davantage; mais nous nous ſommes déterminés à rendre public ce travail, quoique très-imparfait, par cette conſidération que la méthode dont nous avons fait uſage, peut être de quelque utilité dans la théorie de la chaleur, & que ſa préciſion & ſa généralité pourront la faire adopter par d'autres Phyſiciens, qui placés au nord de l'Europe, ont des hivers très-favorables à ce genre d'expériences.

Nous diviſerons ce Mémoire en quatre articles; dans le premier, nous expoſerons un moyen nouveau pour meſurer la chaleur; nous préſenterons dans le ſecond, le réſultat des principales expériences que nous avons faites par ce moyen; dans le troiſième, nous examinerons les conſéquences qui ſuivent de ces expériences; enfin dans le quatrième article, nous traiterons de la combuſtion & de la reſpiration.

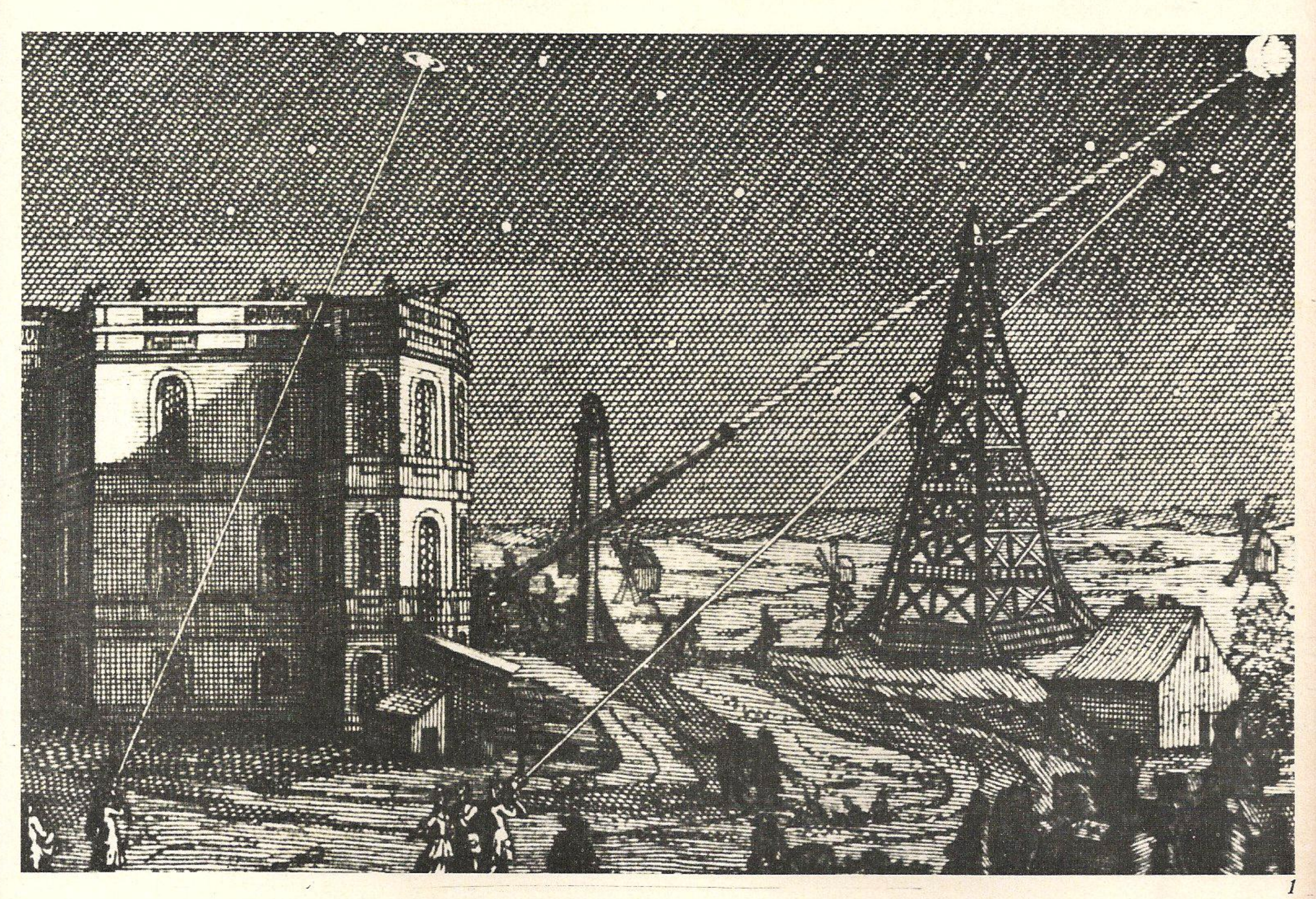
ARTICLE PREMIER.

Expoſition d'un nouveau moyen pour meſurer la chaleur.

QUELLE que ſoit la cauſe qui produit la ſenſation de la chaleur, elle eſt ſuſceptible d'accroiſſement & de diminution, & ſous ce point de vue elle peut être ſoumiſe au calcul: il ne paroît pas que les Anciens aient eu l'idée de meſurer ſes

A ij

6



1

En el interior de tal contexto, la obra de Newton aparece efectivamente como un enfoque ya clásico. Introduciendo y corroborando en el plano empírico el postulado de la atracción o de la gravitación universal, la misma logró individualizar una fuerza responsable de innumerables fenómenos dinámicos, fuerza que, dentro del magnífico cuadro de un grandioso proyecto teórico unitario, se presentó como causa de todos los movimientos naturales elementales, tanto en el mundo terrestre como en el mundo celeste.

Durante la primera mitad del siglo XVIII esta temática fue difundida en Francia con entusiasta admiración por Voltaire en sus célebres *Cartas filosóficas*, imponiéndose ampliamente en toda la cultura francesa y europea gracias también el vigoroso impulso de D'Alembert quien, entre los más notables estudiosos de la nueva mecánica, dedicó a la misma memorables páginas apologéticas en su *Discurso preliminar*, escrito para la *Encyclopédie* aproximadamente en 1750. El alcance y los rasgos dominantes de tal asimilación originaria del newtonianismo por parte de los autores franceses resultan atestiguados con la misma claridad en las propias palabras de Voltaire sobre el "sistema de atracción": "si la ley según la cual los cuerpos pesan, gravitan, se atraen en razón inversa de los cuadrados de las distancias, es verdadera, si es siempre el mismo poder el que actúa en toda la naturaleza según esta ley . . . [y si, como] ocurre . . ., un peso recorre, al caer, quince pies en el primer segundo y cincuenta y cuatro mil (o sea el cuadrado de sesenta multiplicado por quince) en el primer minuto, entonces los cuerpos pesan en razón de los cuadrados de las distancias y el mismo poder produce el peso sobre la Tierra y mantiene a la Luna en su órbita . . . También los otros planetas deben estar sujetos a esta ley general y, si la misma existe, a las leyes descubiertas por Kepler. Todas estas leyes, todas estas relaciones son, en efecto, observados por los planetas con rigurosa exactitud: entonces, el poder de la gravitación hace gravitar a todos los planetas como el nuestro hacia el Sol . . . Este poder de gravitación actúa en proporción a la materia de los diversos cuerpos; es una verdad que Newton ha demostrado por medio de experimentos. Tal nuevo descubrimiento ha servido para hacer notar que el Sol, centro de todos los planetas, los atrae a todos en razón directa de sus masas, combinadas con su distancia. Elevándose de esto por grados hasta conocimientos que parecían vedados a la mente humana, Newton ha osado calcular cuánta materia contiene el Sol y cuánta cada planeta, y así ha hecho notar que, por fuerza de las simples leyes de la mecánica, cada globo celeste debe estar necesariamente situado allá donde se encuentra. Su principio de las leyes de la gravitación de por sí da razón de todas las anomalías aparentes del curso de los cuerpos celestes . . . También el flujo y el reflujo del mar son un efecto simplísimo de la atracción . . . Luego de haber dado cuenta, con su sublime teoría, del curso y de las desigualdades de los planetas, Newton somete al freno de la misma ley a los cometas . . . No basta. Si la fuerza de atracción, de gravitación, actúa en todos los cuerpos celestes, actúa indudablemente sobre todas las partes de los mismos . . . Entonces, tal poder existe realmente en toda la materia, y hasta en sus mínimas partículas. Por lo tanto, la atracción es el gran resorte que hace mover a la naturaleza universal. Demostrada la existencia de tal principio, Newton pone en guardia a sus lectores advirtiéndoles en el sentido de no confundir la atracción con las cualidades ocultas de los antiguos y de contentarse con saber que en todos los cuerpos existe una fuerza central que actúa de un extremo al otro del universo sobre los cuerpos más cercanos como sobre los más lejanos, según las leyes inmutables de la mecánica".

La extensa cita que precede, data de entre 1726 y 1731, y sirve para ilustrar la primera referencia histórica mencionada anteriormente acerca de la mecánica celeste de Laplace, o sea el enfoque de Newton de la "revolución astronómica" moderna y su inmediata recepción en Francia. Ahora, es necesario proceder a establecer la segunda referencia histórica en el mis-

1. El Observatorio de París en el siglo XVIII.

2. El Observatorio de París (Falchi).



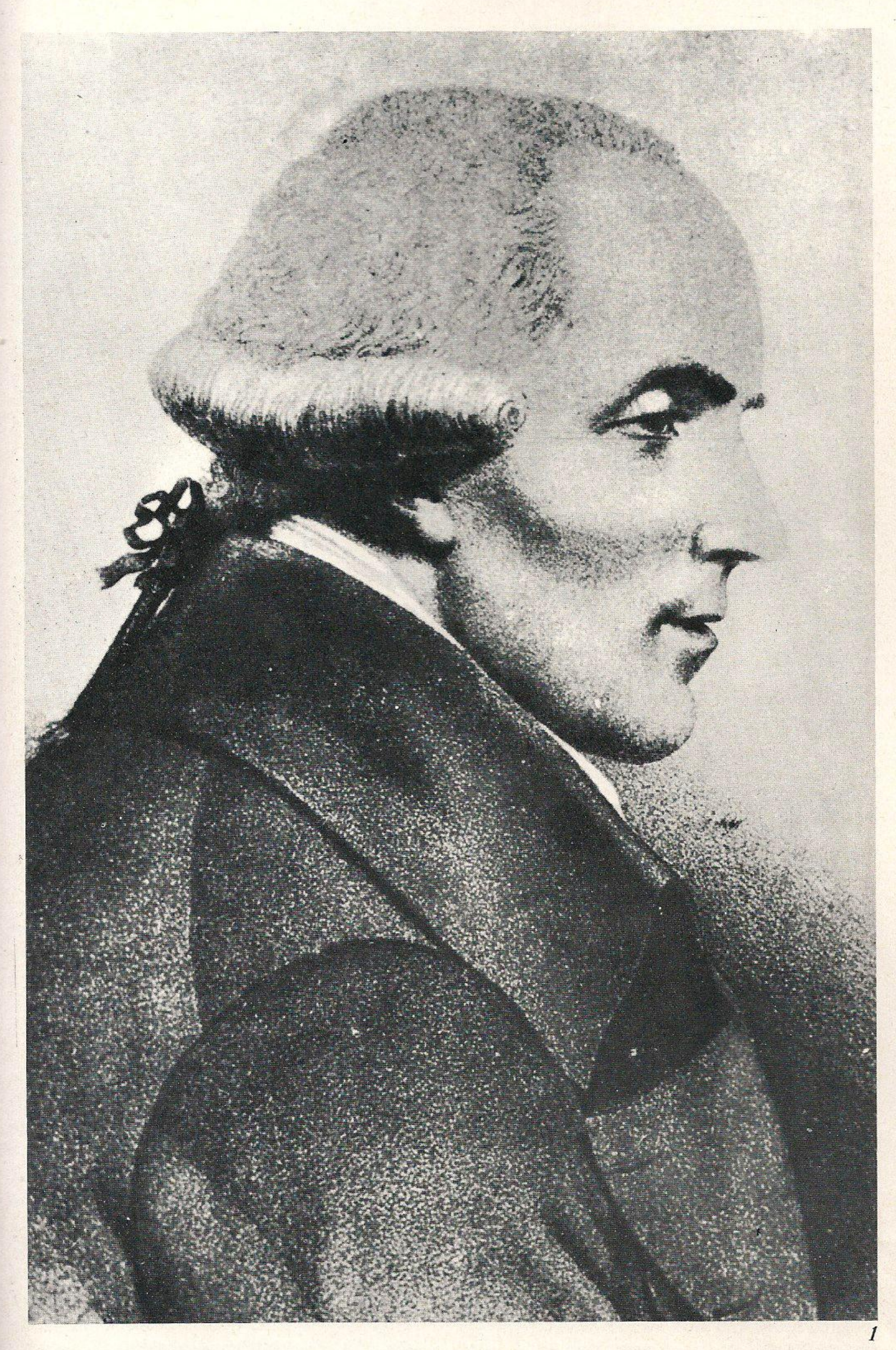
2

mo contexto, es decir, es necesario considerar el *status* de las investigaciones dinámicas más próximas al trabajo de Laplace durante la segunda mitad del siglo XVIII y en los comienzos del siglo siguiente.

Dos son las circunstancia que se ponen de relieve especialmente a este último propósito: por un lado, hacia fines del siglo XVIII y principios del XIX la mecánica newtoniana es reformada en modo cada vez menos *geométrico* y cada vez más *analítico*; por el otro, dentro del mismo período y no sin conexiones con el mencionado hecho, se realizó una poderosa profundización de específicos problemas o capítulos de la ciencia en objeto, con el fin de eliminar peculiares dificultades aún subsistentes en su contenido y de consolidar la entera coherencia y la general validez cognoscitiva.

Estudiosos como Eulero, Clairaut, D'Alembert, así como —especialmente— Lagrange, promovieron felizmente el desarrollo de la "mecánica analítica", llevando a sus extremas consecuencias la aplicación del cálculo infinitesimal en las investigaciones físicodinámicas realizada sólo parcialmente o implícitamente por el mismo Newton, quien también había sido el fundador tanto del análisis (con Leibniz) como de la dinámica (con Galileo) moderna. Así, mientras el gran científico inglés admitió haberse valido, en la elaboración de sus propios *Principia mathematica philosophiae naturalis*, de procedimientos analíticos sólo para *alcanzar* los resultados expuestos en los mismos, encargándose luego de traducir y *presentar* en términos geométricos el núcleo esencial del trabajo desarrollado, a fin de que "los contemporáneos pudieran comprender mejor —intuitivamente— las conclusiones", Lagrange, en cambio, estuvo en condiciones de declarar, en su célebre tratado de *Mécanique analytique* [Mecánica analítica], de 1788: "Me he propuesto reducir la teoría de la mecánica y el arte de resolver los problemas que ésta refiere a fórmulas generales, cuyo simple desarrollo da todas las ecuaciones necesarias para la solución de todas las cuestiones ... Por otra parte, esta obra tendrá una utilidad ulterior ya que, al reunir y presentar bajo un mismo punto de vista los diferentes principios establecidos hasta ahora para resolver las cuestiones mecánicas, mostrará la ligazón y la dependencia mutua de los mismos y permitirá evaluar la exactitud y la extensión ... En el presente trabajo no se encontrarán figuras. Los métodos que yo expongo no requieren ni construcciones ni razonamientos geométricos, sino solamente operaciones algebraicas sujetas a un ritmo regular y uniforme. Aquellos que aman el análisis verán con placer que la mecánica se convierte en una nueva rama, y me estarán agradecidos por haber ampliado así su dominio."

En cuanto a la compleja problemática y a los graves interrogantes subsistentes en el



1

1. *Laplace.*

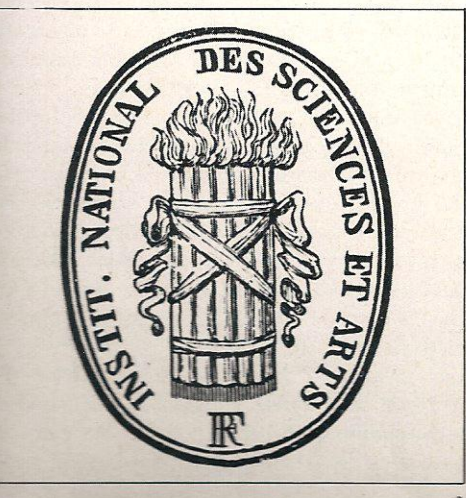
2. *La primera sesión del Instituto de Francia, el 13 de germinal, año IV de la República.*

3. *Sello del Instituto nacional del año IV.*

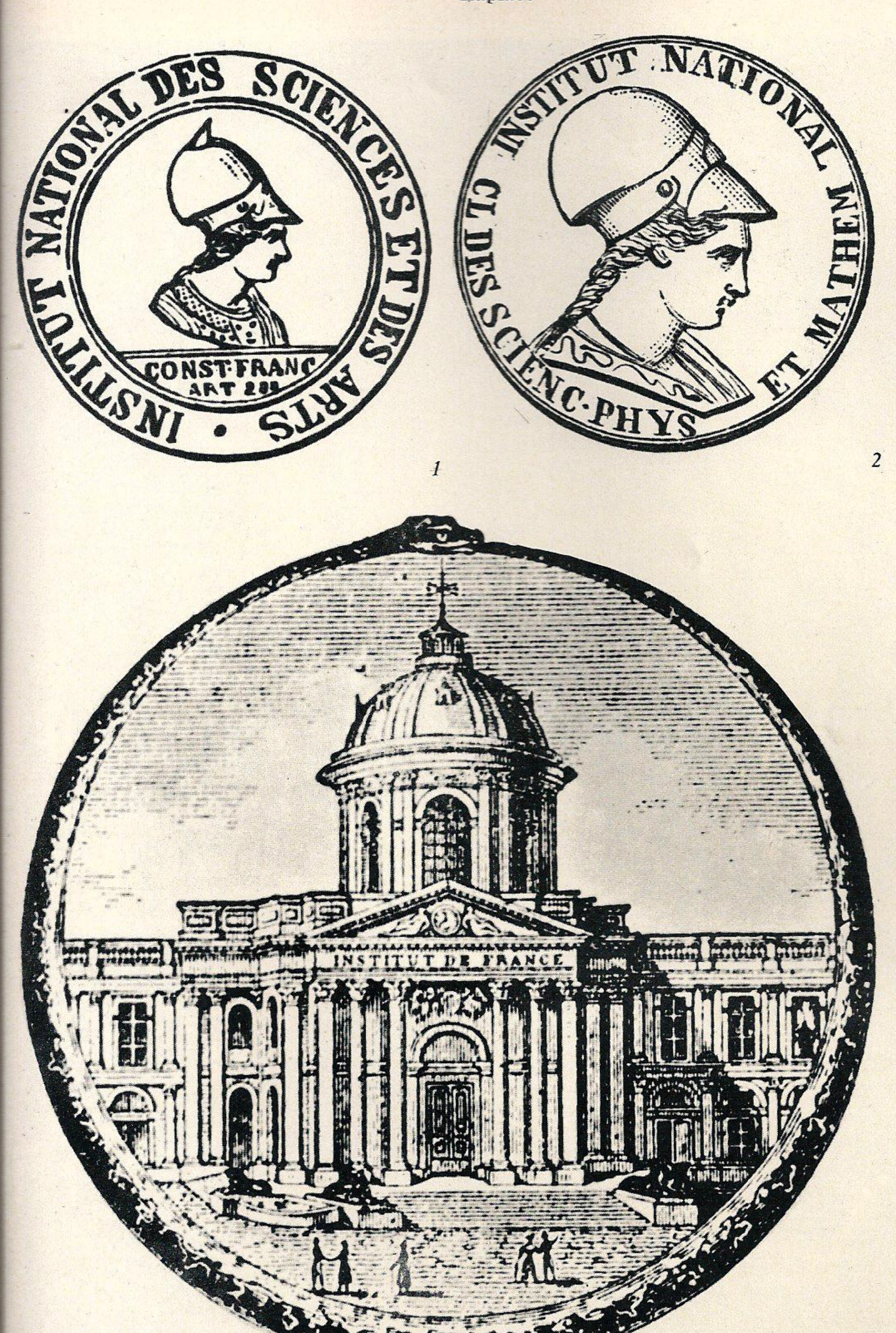
ámbito de la ciencia newtoniana, sobre todo dentro de la mecánica celeste, inmediatamente antes del trabajo de Laplace, bastará con recordar a título de sumaria ilustración lo que él mismo, declarando como objeto de la propia investigación a la gran cuestión de la estabilidad del sistema solar, escribiera hacia 1796: "La teoría de Newton acerca de la figura de los planetas está limitada a la hipótesis de la homogeneidad de las mismas. Su solución del problema de la predecesión de los equinoccios, si bien muy ingeniosa y a pesar del aparente acuerdo de sus resultados con las observaciones, es defectuosa bajo muchos puntos de vista. Entre las numerosas perturbaciones de los movimientos celestes, él ha tomado en examen sólo a las lunares, y aun la mayor de ellas, la evección, se ha escapado a sus investigaciones... La imperfección del cálculo infinitesimal, entonces apenas iniciado, no le ha permitido resolver completamente los difíciles problemas que presenta la teoría del sistema del mundo, y con frecuencia ha estado obligado a dar sólo indicaciones siempre inciertas hasta tanto sean verificadas mediante un análisis riguroso."

Sobre la base de tales presuposiciones, Laplace elaboró su monumental *Traité de Mécanique céleste,* con la intención de unificar la teoría acerca de la gravitación universal, el equilibrio y el movimiento de los cuerpos sólidos y fluidos que componen el sistema solar y los análogos sistemas esparcidos en la inmensidad del cielo. Por lo tanto, desarolló en tal obra un análisis sumamente minucioso y técnico, tanto de los métodos para calcular los movimientos de traslación y rotación de los astros como de la teoría elíptica, de la teoría de las marcas, así como de temas como la predecesión de los equinoccios, la libración de la luna, la figura y la rotación de los anillos de Saturno, las perturbaciones de los movimientos planetarios (especialmente a propósito del mismo Saturno y de Júpiter, que parecen sustraerse a la ley de gravedad), y las aparentes anomalías en el curso de los cometas y de los satélites. Entre las adquisiciones más conspicuas de este estudio de Laplace puede considerarse ejemplar la concepción que él estableciera a propósito de la figura de equilibrio de los fluidos rotativos. Como se ha aseverado con justicia. "Laplace ha tratado este tema desde el punto de vista de la gradual agregación y enfriamiento de una masa de materia, demostrando cómo la forma que tal masa llega a asumir es un elipsoide de revolución, cuyo ecuador está determinado por el plano primitivo de las áreas máximas. Sus investigaciones sobre el tema de las atracciones se han convertido en clásicas por la introducción de dos poderosos medios de análisis en el tratado de los problemas físicos: los 'coeficientes de Laplace' y la 'función potencial'. Él ha traducido las fuerzas de la naturaleza al lenguaje del aná-

2



3



1

2

3

lisis y ha puesto los fundamentos de las ciencias matemáticas y físicas."

El sistema del mundo y la hipótesis cosmológica

Idealmente, la desembocadura natural de las vastas investigaciones desarrolladas por Laplace en el *Traité de mécanique céleste* aparece identificable con el esquema del denominado "sistema del mundo". Él mismo tuvo ocasión de hacer referencia a ello numerosas veces, aparte del escrito específico que dedicó al tema; pero ya Newton, en el tercer libro de los *Principia*, había incluido explícitas consideraciones al respecto, así como D'Alembert, aparte de declarar —en su *Discours preliminaire*— que "la teoría newtoniana del mundo (para no decir el sistema) es ya aceptada en modo tan universal que se comienza a disputar al autor el honor de la invención", había terminado por redactar un estudio con el significativo título de *Recherches sur différents points importants du système du monde* [Investigaciones sobre importantes puntos diferentes del sistema del mundo].

En el plano puramente cronológico, las páginas de Laplace que se referían al sistema del mundo aparecieron poco antes que el tratado de mecánica celeste, casi como para anticipar sintéticamente —en su presentación efectivamente desprovista de elaboración matemática y de refinamientos técnicos— el resultado global del trabajo. Apareció, como es sabido, la *Exposition du système du monde* [Exposición del sistema del mundo], publicada en París en 1796, la que signó el comienzo de la fase más madura en el interior de la reflexión de Laplace.

¿Qué es, exactamente, la exposición del sistema del mundo? En resumen, podría decirse —según el concepto de Laplace— que la misma coincide con la enunciación orgánica de los conocimientos científicos acerca del cosmos establecidos a partir de Copérnico, Galileo y Kepler, consolidados y unificados en la teoría de la gravitación universal de Newton, así como extendidos y revisados por los científicos del siglo XVIII, entre ellos el mismo Laplace, con espíritu enciclopédico de genuina inspiración iluminista. Al mismo tiempo, consiguientemente, el sistema del mundo parece consistir en el conjunto de fenómenos cósmicos concatenados según precisas regulaciones o leyes generales, sobre todo según el principio gravitacional newtoniano, entendido como fundamento principal de todo proceso del universo físico. Ello vale especialmente para los conocimientos obtenidos mediante la investigación astronómica, única disciplina que en el siglo XVIII había logrado en buena medida un grado similar de perfección sistemática.

Las palabras iniciales de la *Exposition du système du monde* atestiguan lúcidamente esta perspectiva: "Entre todas las ciencias naturales, la astronomía ofrece la más larga



1. *Sello del Instituto nacional de Ciencias y Artes.*

2. *Sello del curso de ciencias físicas y matemáticas del Instituto nacional.*

3. *El Instituto de Francia, en un grabado de comienzos del siglo XIX.*

4. *Traje de miembro del Instituto de Francia. Grabado coloreado del siglo XIX.*

4

Ont assisté à la Seance du 6. Nivose an 6. de la republique les Citoyens Membres de l'Institut National ci après denommés

Citoyens 1ère Classe

Darcet — portal
Defontaines — pelletan
Berthoud — Lelievre
Tenon — Richard — Bonaparte
Desmarest — Haüy — Laplace
Cousin — Tessier — Berthollet
Bory
Lagrange — Lassus — Monge
Lamarck
Bossut
Dolomieu — Deyeux
Citoyen Le Roy — Desessarts
L. B. Guyton
Vauquelin — Huzard
Lefevre Gineau
Gilbert
Lheritier
Jussieu — Messier
Lalande — Fourcroy
Delambre
Charles — Prony
Bossut
présents trente neuf à 5#. 5s. chaque

serie concatenada de descubrimientos. Estamos lejos del modo primitivo de observar el cielo. Hoy nuestra visión general nos permite abarcar los estados pasados y futuros del sistema del mundo. Para alcanzarla, se han debido observar los astros durante largos siglos, reconocer en sus apariencias los movimientos reales de la Tierra, elevarse a las leyes de los movimientos planetarios y de estas leyes al principio de la gravitación universal, y por fin descender a la explicación completa de todos los fenómenos celestes hasta sus más pequeñas particularidades. He aquí lo que el espíritu humano ha hecho de la astronomía. La exposición de tales descubrimientos y del modo más simple en que los mismos han podido ocurrir y sucederse tendrá la doble ventaja de ofrecer un vasto conjunto de verdades importantes y el verdadero método que es necesario seguir en la investigación de las leyes de la naturaleza. Es el fin que me he propuesto en esta obra." Se trata, de todos modos, de un asunto realizado con notable eficacia en el ensayo laplaciano, cuyo contenido responde admirablemente, por su articulación y claridad, a las instancias cognoscitivas explícitas en forma preliminar. Los principales temas abordados por Laplace en su propio estudio sobre el sistema del mundo son los movimientos aparentes y reales de la tierra y de los planetas, de los satélites y de los cometas; las leyes de la estática y de la dinámica (hidrostática e hidrodinámica comprendidas), así como la teoría de la gravitación universal newtoniana; como también el desarrollo total de la astronomía desde la antigüedad al siglo XVIII, desarrollo al que se dedica un interesante compendio histórico en la última parte del trabajo. No resulta difícil ver que tal temática corresponde en larga medida a aquella del ya discutido tratado de Laplace sobre la mecánica celeste. Sin embargo, existe un aspecto bastante original en la *Exposition du système du monde*, que no se halla en ningún otro texto de Laplace y que merece que lo consideremos ahora con particular atención: la hipótesis cosmológica.

Esta conjetura, introducida bastante singularmente sólo hacia el fin del escrito en cuestión (en la nota VII del sexto y último capítulo del segundo tomo) y actualmente conocida por todos con el apelativo de "hipótesis de Kant-Laplace", estaba destinada a integrar bajo una importante consideración el cuadro previamente delineado, con vistas a sugerir una explicación por lo menos razonable y ponderada en grado máximo del origen del sistema solar en su conjunto, si no —directamente— del entero sistema cósmico.

Sus términos esenciales pueden indicarse de la manera siguiente: en el espacio actualmente ocupado por el sistema solar habría estado originariamente situada una "nebulosa primitiva", compuesta de partículas materiales en movimiento según la ley de la atracción newtoniana. Un núcleo fuertemente condensado y a elevadísima temperatura habría constituido, rotando continuamente en torno a su eje, el centro de tal conjunto de partículas. Cuando la fuerza centrífuga del borde externo de la nebulosa rotante hubiera llegado a superar la atracción de la masa central, se habría originado la separación progresiva de varios anillos (similares a los de Saturno), los cuales, a causa del enfriamiento y de la contracción de la materia, habrían dado lugar a los planetas. Análoga habría sido la formación de los satélites, mientras que el sol habría tenido origen en el mismo núcleo interno. Entre las anticipaciones más o menos vagas de esta hipótesis (Descartes, Swedenborg, Wright, Lambert, etcétera), Laplace recuerda solamente aquella bastante grosera de Buffon, sin hacer mención alguna, por el contrario, de las sugestivas reflexiones formuladas al respecto por Emanuel Kant tanto en la *Historia universal de la naturaleza y teoría del cielo,*, publicada en forma anónima durante 1557, como en el ensayo *El único argumento posible para demostrar la existencia de Dios,* aparecido luego en 1763.

El silencio de Laplace al respecto se revela bastante problemático, por lo que se lo interpreta en modos diversos: o como una simple laguna cultural, o también —con mayor probabilidad, dado el comportamiento análogo del científico francés para con sus otros "precursores" en el campo de la matemática y de la mecánica— como una omisión intencional, dictada por un excesivo personalismo en el plano de los estudios.

De todos modos, para ilustrar tal punto y para profundizar ulteriormente mediante una referencia comparativa la magnitud misma de la concepción cosmológica de Laplace, conviene emprender aquí un breve examen de la hipótesis kantiana.

El último escrito dedicado por Kant al tema se abre con palabras que, en su referencia al "sistema cósmico" y a la sublime precisión de la astronomía, sugieren pronto la idea de un nexo relevante con las específicas opiniones de Laplace: "La figura de los cuerpos celestes, la mecánica según la cual los mismos mueven y constituyen un sistema cósmico, y así también los diversos cambios a los que está sujeta en el futuro la posición de la órbita, todo ello se ha convertido en parte de la ciencia natural, comprendida con tanta claridad y certeza que no se podría indicar ni siquiera un solo conocimiento más que explique en modo tan indudablemente exacto y con tal evidencia un objeto natural." Al mismo tiempo, el objetivo peculiar del tratamiento kantiano está constituido por la búsqueda de "una explicación del origen del sistema cósmico según leyes mecánicas universales, explicaciones no de todo el entero orden de naturaleza, sino solamente de las grandes masas y de sus órbitas . . . [presuponiendo]



2



3

1. Las firmas de presencia, entre las cuales se halla la de Bonaparte, en la sesión del 6 de nevoso, año VI, del Instituto nacional.

2, 3. Medalla ofrecida por el Instituto de Francia a Napoleón Bonaparte.
En las páginas siguientes:

En la página siguiente:

1. París. Vista del Instituto de Francia (Falchi).

EXPOSITION

DU

SYSTÊME DU MONDE,

PAR P. S. LAPLACE,

Membre de l'Institut National de France, et du Bureau des Longitudes.

SECONDE ÉDITION,

revue et augmentée par l'auteur.

DE L'IMPRIMERIE DE CRAPELET.

A PARIS,

Chez J. B. M. DUPRAT, Libraire pour les Mathématiques quai des Augustins.

AN VII.

1

1. Portada de la segunda edición de la Exposición del sistema del mundo *de Laplace.*

la gravitación universal de la materia según Newton o sus adeptos". Esta es considerada corroborada "por la observación y el razonamiento matemático" antes que supuesta en base a una mera "definición metafísica". Bastante significativamente, Kant recuerda además que "la materia solar, según la observación de Buffon, tiene una densidad más o menos igual a la que tendría la masa de todos los planetas sumados, lo que concuerda muy bien con una formación mecánica, según la cual es probable que los planetas se hayan formado a diversas alturas con diferentes tipos de elementos, pero que luego todos los elementos residuales que llenaban el espacio, mezclados, se hayan precipitado hacía su centro común, el Sol". De todos modos, siempre en el espíritu de una explicación natural, científica, y no teológica del origen del sistema planetario, el análisis kantiano alcanza su culminación cuando declara que "descubrir pronto todas las leyes mecánicas y con osada hipótesis hacer lanzar por Dios mismo todos los planetas en movimiento giratorio ligados con sus gravedades, era dar un paso demasiado amplio para poder permanecer en el ámbito de la filosofía . . . [Se puede, entonces,] indicar la única disposición posible para que tenga lugar una causa mecánica de los movimientos celestes y, para la justificación de una hipótesis, esta es una circunstancia considerable, de la cual sólo raramente nos podremos jactar. Mientras ahora los espacios son vacíos, antes deben haber estado llenos, de lo contrario no habría podido nunca darse un efecto extendido desde las fuerzas motrices orbitales. Esta materia difusa debe haberse luego concentrado sobre los cuerpos celestes, es decir, para considerar más acertadamente, estos cuerpos celestes se habrán formado con la materia prima difusa en los espacios del sistema solar, y el movimiento que en el estado de dispersión poseían las moléculas, de las que los mismos están compuestos, ha permanecido en ellos luego de la unión en distintas masas. Desde entonces estos espacios están vacíos. No contienen una materia que pueda servir para dar a dichos cuerpos el impulso para girar. Pero no siempre fueron iguales, y nosotros tenemos conocimiento de movimientos de los que no pueden ahora tener lugar a causas naturales, pero que son el residuo del estado natural efectivamente primitivo de la naturaleza . . . Si, entonces, la materia para formar el Sol y otros cuerpos celestes, que obedecen a su poderosa acción, estaba dispersa en todo el espacio del mundo planetario, y en el lugar que ahora ocupa la masa solar existía de cualquier manera una materia de mayor fuerza de atracción, se produjo el descenso universal hacia el mismo y la atracción del cuerpo solar creció juntamente con su masa . . . [Además,] si en tal estado y de tales moléculas se admite que se formaron los planetas, no puede ser que éstos no posean fuerzas centrífugas

por las que se mueven en órbitas que si bien se acercan mucho a los círculos, se desvían algo, porque los mismos se compusieron con moléculas de diferente altura. Y es muy natural que aquellos planetas que se forman a gran altura (donde el espacio que los circunda es mucho más grande y hace que la diferencia de velocidad de las partículas supere a la fuerza con que los mismos son atraídos al centro del planeta) obtengan una masa mayor que la que tendrían si estuvieran cerca del Sol."

En este punto, el examen comparativo evidencia ya una notable analogía entre la hipótesis cosmológica de Kant y la de Laplace. Pero la analogía misma está destinada a parecer mayor si se confronta la tesis de Laplace referida anteriormente, acerca de la "progresiva separación –de la nebulosa primtiva– de varios anillos (similares a los de Saturno), los cuales, a causa del enfriamiento y de la contracción de la materia habrían dado lugar a los planetas", con lo que se afirma en la nota final del ensayo kantiano a propósito de la formación de los mismos anillos de Saturno: "en tanto, para tornar concebible con un ejemplo cómo el efecto de la gravitación, al coligar elementos dispersos, está determinado necesariamente a producir regularidad y belleza, deseo agregar una explicación del modo en que se ha producido mecánicamente el anillo de Saturno, explicación que, en mi opinión, posee la mayor verosimilitud que puede esperarse de una hipótesis. Pero concédase solamente que Saturno haya estado, en la primera época del mundo, circundado por una atmósfera, como se ha visto en muchos cometas que no se acercan mucho al Sol y que aparecen sin cola; que las partículas de la atmósfera se hayan elevado de este planeta (al que deseamos conceder una rotación en torno al eje); y que a continuación, ya sea porque el planeta se haya enfriado o por otras razones, los vapores hayan comenzado a descender sobre el mismo. El resto continúa con exactitud mecánica".

En el cuadro de la ciencia actual, que llegara a delinear teorías mucho más articuladas y complejas acerca de la formación del sistema planetario, la hipótesis de Kant-Laplace ha perdido gran parte de su valor intrínseco, conservando, principalmente sólo un significado histórico-cultural, en la medida en que atestigua con claridad ejemplar los valerosos comienzos de la cosmología hipotética post-newtoniana. Por lo tanto, una vez revelada la analogía general entre las contribuciones específicas de uno y otro autor, parece relativamente poco importante insistir en sus residuales aspectos distintivos, sobre todo, como se ha intentado hacer, en el mayor refinamiento de la doctrina de Laplace consentido por las investigaciones previas de F. W. Herschel en torno a la materia nebular, investigaciones que, por otra parte, resultaron posteriores e inaccesibles al trabajo kantiano.



2

2. Kant. Dibujo de Veit H. Schnorr von Carolsfeld. Dresde. Gabinete de los grabados.

A

BONAPARTE,

DE L'INSTITUT NATIONAL.

CITOYEN PREMIER CONSUL,

Vous m'avez permis de vous dédier cet ouvrage. Il m'est doux et honorable de l'offrir au Héros pacificateur de l'Europe, à qui la France doit sa prospérité, sa grandeur et la plus brillante époque de sa gloire; au Protecteur éclairé des sciences, qui formé par elles voit dans leur étude, la source des plus nobles jouissances, et dans leurs progrès, le perfectionnement de tous les arts utiles et des

1

1. La dedicatoria a Bonaparte del segundo volumen del Tratado de mecánica celeste.

2, 3, 4, 5. Portadas de los volúmenes del Tratado *de Laplace, aparecidos entre 1798 y 1823.*

Convendría, antes bien, retomar y concluir el entero discurso sobre la *Exposition du système du monde* a la luz de las mismas consideraciones finales sobre la hipótesis cosmológica. Con la formulación de ésta, Laplace intentó establecer en el modo más completo su propio proyecto del sistema del mundo, ilustrando también el origen o la "verdadera causa", aparte de la "constitución" o la estructura. El resultado parece el de una concepción cósmica severa y rigurosa, dominada por principios de regularidad y de orden, como había sabido poner en evidencia, con plena validez objetiva, la investigación astronómica moderna entre los siglos XVI y XVIII: "La astronomía se ha convertido así en un gran problema de mecánica —se lee hacia el fin del escrito de Laplace— donde los elementos de los movimientos celestes son las constantes arbitrarias. La misma presenta toda la certeza que deriva del número inmenso y variado de los fenómenos rigurosamente explicados y por la simplicidad del principio que es de por sí suficiente para las explicaciones. Lejos de temer que un nuevo astro desmienta el principio, se puede afirmar desde ahora que el movimiento de aquél se conforma a éste: es lo que nosotros mismos hemos visto a propósito de Urano, de los cuatro planetas telecópicos recientemente descubiertos, y de toda aparición de cometas."

Determinismo: el "demonio" de Laplace

"Hoy nuestra visión general nos permite abarcar los estados pasados y futuros del sistema del mundo": estas palabras, escritas hacia 1796 y ubicadas al comienzo de la *Exposition du système du monde*, sugieren ya, si bien en modo aún embrionario y genérico, la idea destinada a constituir el núcleo basal de la concepción determinista de Laplace. Se trató, en realidad, de una concepción expresada plenamente sólo algunos años más tarde; de todos modos, la tesis antes mencionada fue desarrollada en su interior con significado realmente central.

Para realizar un examen y lograr un entendimiento adecuado del determinismo de Laplace conviene tener en cuenta algunos detalles sumarios de sus antecedentes próximos y remotos. Entre éstos, se recuerdan con particular interés en la segunda mitad del siglo XVIII sobre todo a autores como Kant y Priestley, los cuales, a partir —respectivamente— del ensayo *Principiorum primorum cognitiones metaphysicae nova dilucidatio* (1775) y del volumen *The doctrine of philosophical necessity* [La doctrina de la necesidad filosófica] (1782), han esbozado específicas doctrinas de inspiración determinista, enunciando explícitamente la fundamental idea de la concatenación necesaria de todos los fenómenos del universo. Entre los otros, se pueden citar numerosos pensadores, que se distinguieran por haber contribuido en forma diversa a la doctrina en cuestión, desde Leucipo y Demócrito a Galileo y Descartes; desde Hobbes y Leibniz a Lamettrie y D'Holbach. Así, por ejemplo, en un fragmento de Leucipo se lee que "ninguna otra cosa ocurre sin razón, sino que todas ocurren por una razón y de necesidad", mientras, del mismo modo, Demócrito, según Aristóteles, "reconduce todas las cosas a la necesidad, de lo que se sirve la naturaleza, omitiendo indicar el fin". Con Galileo, el mismo núcleo conceptual resulta profundizado y elaborado según líneas analíticamente más rigurosas y complejas, propio de una efectiva orientación científica moderna: la multitud de los fenómenos naturales es considerada sujeta a internos principios de orden, de modo que está estructurada en modo convincentemente uniforme y sistemático, es decir, que parece "inexorable e inmutable, sin preocuparse porque sus recónditas razones y modos de operar estén o no expuestos a la capacidad de los hombres, por lo que la misma no transgrede jamás los términos de las leyes que se le imponen". En el caso de estudiosos ulteriores como Descartes, Hobbes, Leibniz, Lamettrie y D'Holbach, en fin, puede decirse que la convicción de la existencia de un nexo rígido entre los sucesos está sostenida generalmente también con referencia al mundo animal o directamente humano, más que a lo inanimado, planteando con lo mismo obvias implicaciones críticas para la temática de la libertad y de las responsabilidades morales.

Es sabido que Laplace proporcionó la formulación más clara del propio determinismo en el *Essai philosophique sur les probabilités* [Ensayo filosófico sobre las probabilidades], publicado en París, en 1814, y antepuesto luego como ensayo introductorio en la reedición de su tratado más amplio, la *Théorie analytique des probabilités*, [Teoría analítica de las probabilidades], aparecido en 1820. En tal escrito, para expresar el alcance esencialmente ilimitado de la propia concepción determinista —actualmente considerada típica de la epistemología inherente a la ciencia galileano-newtoniana, o clásica—, recurrió al expediente metafórico de la suposición de una "inteligencia" sobrehumana, de un ser omnisciente, el denominado "demonio de Laplace", capaz de penetrar hasta el fondo de la íntima e inflexible estructura del universo. Así, según la célebre caracterización de Laplace, el determinismo, en su significado último y en línea de posibilidad teórica, implica que "una inteligencia, que conociera tanto todas las fuerzas que mueven a la naturaleza como la correspondiente situación de sus componentes, con relación a un dato solicitado, y que fuera además tan vasta como para poder tratar la entera serie de tales datos por medio del análisis matemático, abarcaría en una sola fórmula los movimientos de los mayores cuerpos del cosmos así como del mínimo átomo. Nada sería incierto a sus ojos, y tan presentes le resultarían el

TRAITÉ
DE
MÉCANIQUE CÉLESTE,

PAR P. S. LAPLACE,

Membre de l'Institut national de France, et du Bureau des Longitudes.

TOME PREMIER.

DE L'IMPRIMERIE DE CRAPELET

A PARIS,

Chez J. B. M. DUPRAT, Libraire pour les Mathématiques, quai des Augustins.

AN VII.

2

TRAITÉ
DE
MÉCANIQUE CÉLESTE,

PAR P. S. LAPLACE,

Membre du Sénat conservateur, de l'Institut national, et du Bureau des Longitudes de France; des Sociétés royales de Londres et de Gottingue; des Académies des Sciences de Russie, de Danemarck, d'Italie, etc.

TOME TROISIÈME.

DE L'IMPRIMERIE DE CRAPELET.

A PARIS,

Chez J. B. M. DUPRAT, Libraire pour les Mathématiques, quai des Augustins.

AN XI — 1802.

3

TRAITÉ
DE
MÉCANIQUE CÉLESTE,

PAR M. LAPLACE,

Chancelier du Sénat conservateur, Grand-Officier de la Légion d'honneur, membre de l'Institut et du Bureau des Longitudes de France; des Sociétés royales de Londres et de Gottingue; des Académies des Sciences de Russie, de Danemarck, d'Italie, etc.

TOME QUATRIÈME.

A PARIS,

Chez COURCIER, Imprimeur-Libraire pour les Mathématiques, quai des Augustins, n° 71.

AN XIII = 1805.

4

TRAITÉ
DE
MÉCANIQUE CÉLESTE,

PAR M. LE MARQUIS DE LAPLACE,

Pair de France; Grand-Officier de la Légion-d'Honneur; l'un des quarante de l'Académie française; de l'Académie des Sciences; Membre du Bureau des Longitudes de France; des Sociétés royales de Londres et de Gottingue; des Académies des Sciences de Russie, de Danemarck, de Suède, de Prusse, des Pays-Bas, d'Italie, de Boston, etc.

TOME CINQUIÈME.

PARIS,

BACHELIER, LIBRAIRE, SUCCESSEUR DE M^{me} V^{e} COURCIER, QUAI DES AUGUSTINS.

1823.

5

THÉORIE
ANALYTIQUE
DES PROBABILITÉS;
PAR M. LE COMTE LAPLACE,

Pair de France; Grand-Officier de la Légion-d'Honneur; Grand'Croix de l'Ordre de la Réunion; Membre de l'Institut royal et du Bureau des Longitudes de France; des Sociétés royales de Londres et de Gottingue; des Académies des Sciences de Russie, de Danemarck, de Suède, de Prusse, d'Italie, etc.

SECONDE ÉDITION,
REVUE ET AUGMENTÉE PAR L'AUTEUR.

PARIS,
Mme Ve COURCIER, Imprimeur-Libraire pour les Mathématiques et la Marine, quai des Augustins, n° 57.
1814.

1

PRÉCIS
DE L'HISTOIRE
DE L'ASTRONOMIE;
PAR M. LE MARQUIS DE LAPLACE,

Pair de France; Grand Officier de la Légion-d'Honneur; l'un des quarante de l'Académie française; de l'Académie des Sciences; Membre du Bureau des Longitudes de France; des Sociétés royales de Londres et de Gottingue; des Académies des Sciences de Russie, de Danemarck, de Suède, de Prusse, des Pays-Bas, d'Italie, etc.

PARIS,
Mme Ve COURCIER, LIBRAIRE POUR LES SCIENCES,
RUE DU JARDINET-SAINT-ANDRÉ-DES-ARCS.
1821.

2

pasado como el futuro. Con la perfección que ha sabido conferirle a la astronomía, el ingenio humano ofrece un limitado ejemplo de tal inteligencia".

Más que por las múltiples, evidentes y por lo menos significativas correspondencias con los textos referidos anteriormente, el pasaje recién citado presenta un contenido en sí y de por sí sumamente rico, no obstante su innegable concisión, que requiere se lo ilustre mediante algunas observaciones explicativas. El eje de la concepción determinista sugerida por las palabras de Laplace parece consistir, con evidente eco del pensamiento de Galileo y de Newton, en el conocimiento de "todas las fuerzas que mueven a la naturaleza". Así, tal determinismo se configura inmediatamente como un determinismo mecánico de tipo nomológico, es decir, como una concepción del mundo como riguroso sistema de partes materiales en movimiento, articulado en términos analítico-cuantitativos, y conforme a leyes o principios indiscutibles de orden general, que permiten un conocimiento exacto del mismo. En base a esta tesis, el cosmos está constituido por un conjunto de fenómenos concatenados necesariamente, de manera que —justamente— al conocer todas las leyes o "la correspondiente situación de sus componentes en relación a un dato solicitado . . . , nada sería incierto, y pasado y futuro resultarían presentes"; es decir, se lograría explicar y prever con exactitud matemática cada suceso del universo.

De tal núcleo fundamental se derivan no pocos aspectos conspicuos de la doctrina determinista de Laplace. En primer lugar, la misma muestra una fisonomía netamente científicomoderna, es decir, que responde a precisos requisitos empíricos y racionales, antes que una fisonomía apriorística, especulativa o metafísica en forma abstracta. Ello está testimoniado por la explícita insistencia en la obtención de los "datos" y en la elaboración de los mismos "por medio del análisis matemático". Además, reiterando su total adherencia al saber efectivamente establecido de las nuevas ciencias, en especial de la astronomía de los siglos XVIII y XVIII, dicha doctrina propugna el entendimiento de los procesos físicos en estricto sentido causal, y, por lo tanto, de ninguna manera teleológico o finalístico, como lo sugieren en cambio algunas concepciones alternativas, algo vagas y discutibles. Tal comprensión causalmente unitaria de los sucesos materiales está presupuesta efectivamente por la asunción de que es posible abarcar "en una sola fórmula los movimientos de los cuerpos mayores del cosmos tanto como del mínimo átomo". Se trata, en fin, de una interpretación técnicamente severa tanto del mundo externo como —al mismo tiempo— del conocimiento humano del mismo, quedando —*inter alia*— claramente excluida así toda referencia a presuntos factores antropomórficos o animistas del devenir natural, como también a todo interés puramente moralista por las consecuencias del inalterable desarrollo cósmico en cuanto a la conducta práctica de los individuos.

En cuanto al relieve histórico, el determinismo de Laplace requiere una atenta consideración por el complejo rol cumplido respecto del pensamiento científico precedente o posterior. Como ya se lo ha planteado parcialmente, el mismo representa en cierto sentido la culminación, la formulación más refinada y completa, del desarrollo de ideas relacionado con el riguroso estudio causal de los fenómenos emprendido por la ciencia de los siglos XVII y XVIII. No por azar autorizados estudiosos de estos siglos con frecuencia han subrayado la importancia de este hecho; entre ellos, Heisenberg supo aducir una ilustración particularmente límpida y eficaz, de la que es oportuno recordar ahora las iluminadas palabras escritas sobre el tema: "En Kant, quien en muchos aspectos no hace más que sacar las conclusiones filosóficas del desarrollo de las ciencias desde Newton en adelante, el término 'causalidad' es utilizado en el sentido a que nos ha acostumbrado el siglo XIX: cuando aprendemos que alguna cosa ocurre, presuponemos siempre alguna otra cosa que se origina en aquel suceso según una ley. Así, lentamente, el principio de causalidad se restringió cada vez más hasta convertirse en equivalente de la idea de que el acaeci-

EXTRAIT

D'UN MÉMOIRE

Lu dans la Séance de la première Classe de l'Institut, du 24 novembre 1806;

PAR M. LAPLACE.

De l'Adhésion des Corps à la surface des Fluides.

On a fait un grand nombre d'expériences sur l'adhésion des corps à la surface des fluides; mais sans se douter que cette adhésion étoit un effet de l'action capillaire. M. Thomas Young me paroît être le premier qui en ait fait l'ingénieuse remarque (*). En appliquant mon analyse à ces expériences, j'ai trouvé qu'elle les représente aussi bien qu'on doit l'attendre d'expériences très-délicates, et qui ne s'accordent pas toujours entre elles. Les phénomènes dus à l'action capillaire, étant aujourd'hui ramenés à une théorie mathématique; il ne manque plus à cette branche intéressante de la physique, qu'une suite d'expériences exactes dans lesquelles on isole avec soin, tout ce qui peut altérer les effets de cette action. Le besoin d'expériences très-précises se fait sentir à mesure que les sciences se perfectionnent. C'est au concours des grandes découvertes en mécanique et en analyse, avec celles du télescope et du pendule, que l'astronomie doit ses immenses progrès. On ne peut donc trop inviter les physiciens à donner la plus grande précision à leurs résultats; comme on ne peut assez encourager l'habile artiste qui se voue à la perfection des instrumens des sciences. Une expérience mal faite a été souvent la cause de beaucoup d'erreurs; au lieu qu'une expérience bien faite subsiste toujours, et devient quelquefois

(*) Transactions philosophiques, année 1805.

3

ESSAI PHILOSOPHIQUE

SUR

LES PROBABILITÉS;

PAR M. LE COMTE LAPLACE,

Chancelier du Sénat-Conservateur, Grand-Officier de la Légion d'Honneur; Grand'Croix de l'Ordre de la Réunion; Membre de l'Institut impérial et du Bureau des Longitudes de France; des Sociétés royales de Londres et de Gottingue; des Académies des Sciences de Russie, de Danemarck, de Suède, de Prusse, d'Italie, etc.

PARIS,

Ve COURCIER, Imprimeur-Libraire pour les Mathématiques, quai des Augustins, n° 57.

1814.

4

1, 2, 3, 4. Portadas de obras de Laplace.

miento natural está determinado unívocamente, es decir, de que el exacto conocimiento de la naturaleza o, por lo menos, de un sector bien definido de la misma, sea suficiente, por lo menos teóricamente, para prever el futuro. La física newtoniana estaba construida justamente en modo tal que, conociendo el estado de un sistema en un cierto tiempo, se podía calcular con anticipación el movimiento futuro del mismo sistema. La concepción de que en la naturaleza las cosas son fundamentalmente así fue formulada en el modo más general y comprensible, tal vez, por Laplace, mediante la ficción de un demonio que, en determinado momento, conociera la posición y el movimiento de todos los átomos y que, por lo tanto, estuviera en condiciones de precalcular el entero futuro del universo. Si la palabra 'causalidad' se interpreta en manera tan estricta, se habla también de 'determinismo' y se expresa que existen leyes naturales constantes, las cuales, partiendo del estado actual de un sistema, determinan en forma únivoca su estado futuro."

La primera mitad del siglo XIX fue sin duda la época del máximo esplendor de la concepción determinista de Laplace, la que con su presuposición de la existencia de leyes rígidamente indiscutibles fue entonces considerada el modelo casi exclusiva de toda ciencia de la naturaleza. Pero ya a partir de la segunda mitad del siglo pasado comenzaron a delinearse profundos motivos de crisis al respecto, y ello ocurió porque, como se afirmara, autorizadamente, "la física ha crecido y se ha transformado enormemente. La hipótesis de los átomos puntiformes que se atraen con leyes simples se ha revelado de una insuficiencia directamente ingenua; igualmente ingenua apareció la pretensión de interpretar todos los fenómenos con las leyes de la mecánica únicamente, sobre todo después de que se descubriera la importancia fundamental de los fenómenos electromagnéticos en todos los campos de la física . . . Con el desvanecerse de la imagen mecanicista del mundo, también desaparecieron las razones que justificaban el determinismo a los ojos de Laplace".

Así, el proceso de reconsideración de las tesis deterministas de Laplace puede decirse que fue motivado sobre todo por el desarrollo de la denominada "física de los campos", es decir, por el desarrollo de aquellas teorías, por ejemplo, el electromagnetismo de Maxwell, que en las últimas décadas del siglo pasado lograron explicar y prever vastas clases de fenómenos, antes que por por medio de los conceptos y los principios de la "física mecanicista clásica", mediante las más complejas nociones y ecuaciones conexas —justamente— con el "campo electromagnético" y similares. Un segundo motivo de la crisis del determinismo de Laplace, luego de la mitad del siglo pasado, es detectable en el incipiente descubrimien-

to de la existencia de leyes estadísticas, antes que indiscutibles y causales, en varios dominios del universo. Entre los ejemplos inicialmente más conspicuos al respecto, emerge la teoría cinética de los gases, donde el mismo Marwell estableció el principio que especificaba la probabilidad de que una molécula de una masa gaseosa posea una velocidad dada. El reconocimiento de tal ley estadístico-probabilista, y de otras análogas, demostró que por lo menos parte de los fenómenos naturales no pueden ser sometidos a las rigurosas leyes del determinismo, invalidando, por lo tanto, la pretendida omnicomprensiva de éstas con respecto a todos los eventos cósmicos, considerados por Laplace, sin ninguna excepción, concatenados en manera necesaria y cierta.

Con el advenimiento de la ciencia del siglo XX, por fin, la situación de la orientación determinista sugerida por Laplace se complicó aún más. Las dos mayores teorías nuevas, la de la relatividad y —sobre todo— la cuántica, al aportar revisiones decisivas de la física de los campos y de la mecánica de las partículas, respectivamente, contribuyeron en efecto a incrementar no poco las dudas subsistentes acerca de la plena adecuación del modelo de Laplace. El carácter radicalmente estadístico y probabilístico de las leyes establecidas en el ámbito de los fenómenos corpusculares tuvo una influencia preponderante en tal sentido. De todos modos, aparte de la opinión de algunos científicos eminentes de este siglo, entre ellos Planck, Einstein, Bohm y otros, propensos, a pesar de las dificultades referidas, a sostener por lo menos en línea de principio la absoluta legitimidad del determinismo físico, el punto de vista que actualmente prevalece parece ser el de los denominados "indeterministas", como Bohr, Heisenberg, Schrödinger y otros, punto de vista expresado con la máxima resolución en las siguientes palabras de Bohr en las que vuelve abiertamente —sometida a severa crítica— la imagen del "demonio" de Laplace: "Sólo deseo hacer notar aquí que el determinismo en las teorías del campo me parece de muy escaso significado. Para ilustrar la potencia de la mecánica, Laplace inventó un supermatemático, capaz de prever el futuro del mundo siempre que se le proporcionaran las posiciones y las velocidades de todas las partículas en un solo instante. Puedo sentir simpatía por quien se halle empeñado en una tarea tan ardua; pero ciertamente sentiría compasión por él si debiera no sólo resolver las numerosas ecuaciones diferenciales ordinarias del tipo newtoniano necesarias para tal tarea, sino también las ecuaciones diferenciales a derivados parciales de la teoría del campo cuya particularidad son las partículas."

La teoría de la probabilidad

El último gran tema abordado por Laplace resulta, en cierto aspecto, el de la probabilidad. Se entiende que sólo después de sus propios trabajos fundamentales de astronomía y de análisis matemático se dedicó a investigaciones sistemáticas para tal tema. Se trató del amplio texto editado en París en 1812, con el título *Théorie analytique des probabilités* [Teoría analítica de las probabilidades], y del estudio más breve que apareció dos años después, también en París, titulado *Essai philosophique sur les probabilités* [Ensayo filosófico sobre las probabilidades]. Conforme a cuanto ya se ha tenido ocasión de revelar, en la nueva edición de la *Théorie*, publicada en 1820, el *Essai* fue incluido como parte introductoria o, mejor, como premisa crítica de orden general. Por otra parte, las memorias de Laplace escritas en forma continuada en torno a particulares cuestiones probabilísticas, desde las juveniles de 1773 y 1774: *Investigaciones sobre la integración de las ecuaciones diferenciales a las diferencias finitas y sobre su empleo en la teoría de los casos* y *Ensayos sobre la probabilidad de las causas en base a los sucesos*, representaron únicamente anticipaciones más o menos ocasionales y parciales de la doctrina orgánica que se expone en sus dos obras mayores antes mencionadas. Aun presentando efectivamente intrínseca importancia e indudables motivos de originalidad, la contribución de Laplace al desarrollo de la teoría de la probabilidad en analogía con cuanto se verificó en el caso de sus aportes analítico-matemáticos y astronómicos, denotó además una notable dependencia de las adquisiciones de los predecesores, de las que se perfiló ante todo como una grandiosa síntesis, más que como superación.

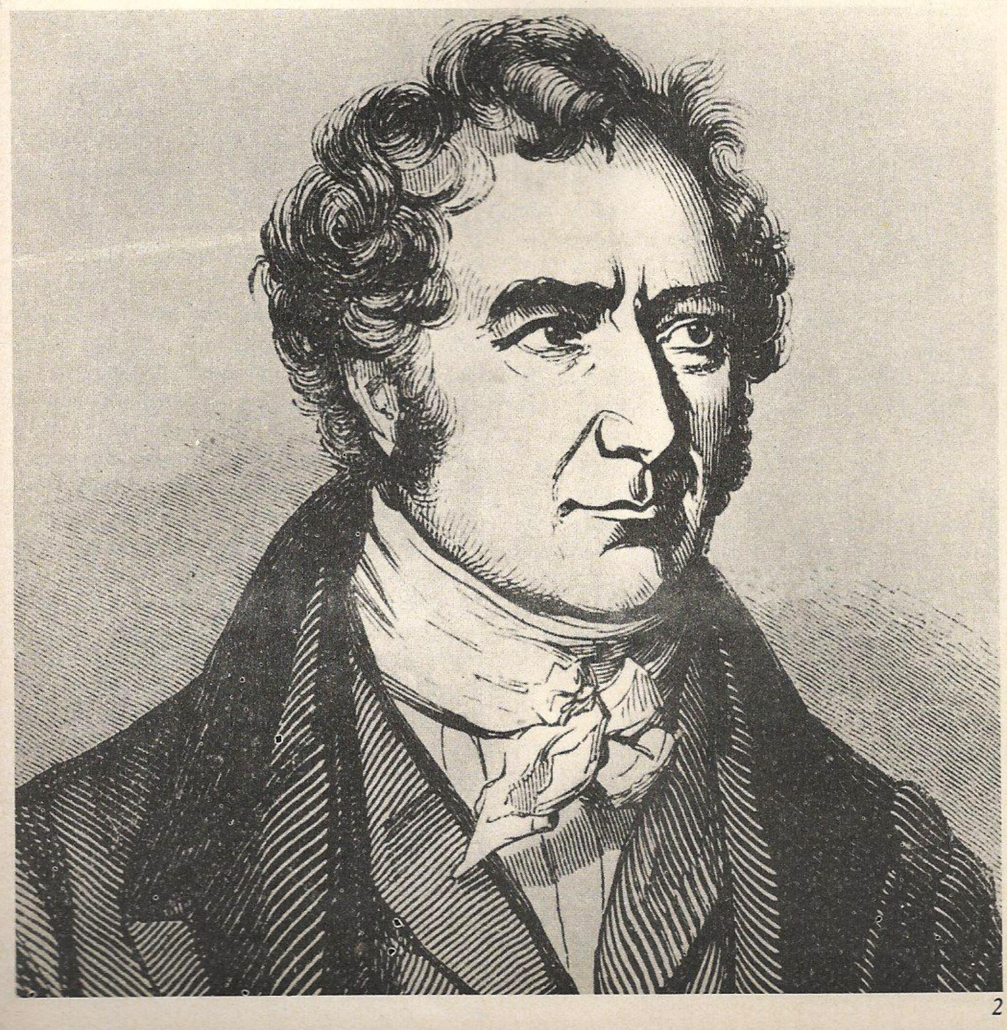
En el ámbito de la ciencia moderna, el interés por la temática probabilística tuvo su comienzo durante los siglos XVI y XVII con los conocidos intentos de Cardano, Galileo, Fermat, Pascal y Huygens, dedicados a racionalizar la práctica de los juegos de azar —como, por ejemplo, el juego de dados— mediante la individualización de criterios utilizables para efectuar apuestas óptimas, es decir, para efectuar las apuestas adecuadas para lograr el éxito, más remunerativas y menos onerosas y riesgosas. La base de tales criterios fue buscada, en general, en la clarificación de la relación matemática existente entre los denominados "casos posibles", acerca de la verificación de un suceso convertido en objeto de apuesta (considerando, por ejemplo, un solo dado, las seis caras numeradas de las que el mismo consta) y los denominados "casos favorables" (una cualquiera de tales caras, sobre la cual se ha apostado, para seguir con la misma ilustración). Como la identificación de esta relación matemática fue inicialmente realizada *a priori*, es decir, con prescindencia de toda experiencia efectuada en el pasado (sin preocuparse o tener en cuenta los lanzamientos previos del dado y la sucesión de caras así, en concreto, eventualmente exhibidas), la teoría de la probabilidad se configuró, al comienzo, sobre todo como un cálculo matemático abstracto, como una especie de análisis combinatorio en cuyo ámbito pareció realizable el exacto cómputo del valor probabilístico de los acaecimientos alternativos (1/2 para la salida de cara o ceca al arrojar una moneda; 1/6 para la de una de las seis caras de un dado, etcétera). Con terminología ulterior, permaneciendo firmes las definiciones fundamentales, se ha hablado también, al respecto, de la medida del grado de creencia o de expectación subjetiva acerca de la realización de tales acaecimientos, medida basada, justamente, en la relación entre casos posibles y casos favorables.

El desarrollo de la problemática hasta aquí delineada no dejó de recibir el impulso de los estudiosos del siglo XVIII, entre los cuales se distinguieron en modo particular Bernoulli, Montmort, Moivre y Bayes. Éstos, aparte de profundizar la concepción de la *probabilidad subjetiva a priori*, entendida como propiedad relacional de sucesos presuntos, es decir, como relación entre casos idealmente posibles y casos favorables, o como medida del grado de creencia o de expectación acerca de la realización de éstos, perfilaron además una segunda interpretación de los conceptos probabilísticos. En los términos de ellos, la probabilidad resultó asimilable, en cierto, sentido, a la verosimilitud, es decir, resultó coincidir, no con un atributo relacional de sucesos supuestos ni con el grado de la creencia o de la expectación subjetiva inherente a los mismos, sino con una propiedad lógica de asertos factuales, en cuanto eran corroborados por la verdad de ulteriores asertos que expresaban los datos probatorios relevantes para su sostenimiento. Así comenzó a florecer la concepción de la *probabilidad lógico-inductiva*, bien distinta, en su específico significado conceptualmente objetivo, de la ya recordada doctrina de la probabilidad subjetiva *a priori*, si bien ligada a la misma por notables analogías formales, además de haber estado estrechamente ligada a dicha doctrina en el comienzo de su evolución, sin un claro y consciente arreglo diferencial en el plano teórico.

Para reforzar estas indicaciones y, al mismo tiempo, para proceder a considerar expresamente la teoría probabilística de Laplace, introduciendo el tema en el discurso según un peculiar punto de vista interpretativo, conviene mencionar ahora el testimonio de uno de los máximos estudiosos contemporáneos del tema, a juicio del cual "el análisis científico de los problemas de la probabilidad comenzó cuando algunos jugadores de los siglos XVI y XVII interrogaron a sus amigos matemáticos acerca de las posibilidades subsistentes en los diversos juegos de azar. Ellos deseaban aprender el cálculo de las probabilidades como guía para sus apuestas. Al comienzo de su estudio teórico, el concepto de probabilidad



1



2

1. El químico Berthollet.

2. El astrónomo Arago.



ŒUVRES

COMPLÈTES

DE LAPLACE,

PUBLIÉES SOUS LES AUSPICES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PAR

MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME PREMIER.



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, DU BUREAU DES LONGITUDES,

SUCCESSEUR DE MALLET-BACHELIER,

Quai des Augustins, 55.

MDCCCLXXVIII

1

1. *Portada de las* Obras *de Laplace, publicadas entre 1878 y 1912.*

2. *Laplace. Del primer volumen de las* Obras *completas, París, 1878.*

aparece bajo la forma de probabilidad inductiva. Ello se refleja claramente en el título del primer tratado importante sobre la probabilidad, escrito por Jacobo Bernoulli y publicado en 1713; el mismo fue titulado *Ars conjectandi*, el arte de las conjeturas, en otras palabras, el arte de juzgar la hipótesis en base a los datos probatorios. Este libro puede ser considerado el punto de partida del denominado período clásico de la teoría de la probabilidad, período que culminó en el gran trabajo sistemático de Laplace, *Théorie analytique des probabilités* (1812). Según Laplace, el propósito de la teoría de la probabilidad es el de "guiar nuestros juicios y protegernos de las ilusiones. Sus explicaciones muestran claramente que él se ocupa especialmente, no de las frecuencias reales, sino de los métodos para juzgar la aceptabilidad de asuntos, es decir, de la probabilidad inductiva". Conforme a la interpretación aquí aducida, entonces, la obra de Laplace parece constituir por sobre todo un momento básico en la génesis de la doctrina de la probabilidad lógico-inductiva esbozada a partir del *Ars conjectandi* de Jacobo Bernoulli, aun cuando la misma, por su propia formulación verbal muchas veces oscilante y no siempre unívoca, a menudo se deja entender igualmente como teoría de la probabilidad subjetiva *a priori*.

En cuanto a esto, resulta significativo que Laplace desarrolle con frecuencia su discurso sobre la probabilidad con referencia mayor al conocimiento y a la ignorancia humanas que directamente a los sucesos. Así, en el *Essai*, luego de reiterar el principio básico de la propia concepción determinista de los hechos naturales, es decir el principio, ya concebido por Leibniz, de "razón suficiente": "los sucesos actuales tienen con los precedentes un vínculo fundado en el principio evidente de que nada puede comenzar a ser sin una causa que lo produzca. Este axioma, conocido por el nombre de *principio de razón suficiente*, se extiende también a las acciones que juzgamos indiferentes"; Laplace introduce la temática probabilística relacionándola, justamente, con el grado de conocimiento y de ignorancia del hombre acerca de tal determinación objetiva de los fenómenos: "la curva descripta por una simple molécula de aire o de vapor está regulada con la misma certeza de las órbitas planetarias: no existe diferencia alguna entre las mismas, salvo la que pone nuestra ignorancia. La probabilidad es relativa en parte a esta ignorancia, en parte a nuestros conocimientos".

Clarificada tal presuposición general de la reflexión de Laplace, la cual, entre otras cosas, atestigua la existencia de un nexo preciso, más allá de su aparente contraste, entre determinismo y doctrina probabilística —del mismo Laplace— se trata ahora de examinar brevemente alguna de las principales tesis por él sostenidas en el desarrollo de su propia concepción de la probabilidad.

Ante todo, considera que el cálculo probabilístico puede ser concedido y aplicado únicamente con respecto a situaciones cognoscitivas analizables en casos "equiposibles": "la teoría de los casos consiste en reconducir a todos los sucesos del mismo género a un cierto número de casos igualmente posibles, es decir, tales que nos tornen indecisos acerca de su existencia, y en la determinación del número de los casos favorables al suceso del que se busca la probabilidad. La relación entre este número y el de todos los casos posibles es la medida de la probabilidad, la cual, por lo tanto, no es más que una fracción cuyo numerador es el número de los casos favorables y cuyo denominador es el número de todos los casos posibles".

Junto con el concepto de equiposibilidad, la teoría de Laplace asume, entre los fundamentos de las propias enunciaciones, el conocido "principio de indiferencia", llamado también —significativamente— "principio de razón insuficiente" o "principio de la equidistribución de la ignorancia". Con una caracterización y una terminología realmente reciente, su contenido resulta elucidable al decir que, si el conjunto de los datos probatorios no incluye alguno que pueda hacer preferir uno u otro entre dos o más sucesos posibles, o, lo que es lo mismo, "si nuestro estado cognoscitivo es simétrico con respecto a tales sucesos", entonces ellos son equiprobables relativamente al conjunto de los datos probatorios. Por ejemplo, "si los datos probatorios accesibles a un observador no proporcionan otra información sobre un cierto dado, salvo que se trate de un cubo regular, entonces la condición de simetría está satisfecha y, por lo tanto, cualquiera de las seis caras tiene la misma probabilidad 1/6 de salir en el próximo lanzamiento".

Una simple ilustración, tomada de la obra de Laplace, puede servir para fijar todo lo que se ha tratado de establecer hasta este punto en el curso del presente párrafo. En cuanto a lo que concierne a las "cosas que son sólo verosímiles —escribe él— la diferencia de datos que algún hombre tiene acerca de las mismas es una de las causas principales de la diversidad de opiniones que reina sobre tales objetos. Supongamos, por ejemplo, que existen tres urnas: A, B, C, una de las cuales sólo contiene bolas negras, mientras que las otras dos contienen bolas blancas; se debe extraer una bola de la urna C y se desea saber cuál es la probabilidad de que la bola sea negra. Si se ignora cuál de las tres urnas contiene las bolas negras, de modo que no se tiene ninguna razón para creer que sea la C antes que B o A, las tres hipótesis resultan igualmente posibles; y como una bola negra solo puede ser extraída en la primera hipótesis, la probabilidad de extraerla es igual a un tercio. Si se sabe que la urna contiene solo bolas blancas, nuestra indecisión concierne únicamente a las ur-


P. S. LAPLACE.

nas B y C, y la probabilidad de que la bola extraída de C sea negra resulta entonces 1/2. En fin, la probabilidad se transforma en certeza si hay seguridad de que A y B contienen sólo bolas blancas".

Para concluir el sumario examen de la doctrina probabilística de Laplace aquí emprendido, puede ser útil formular una referencia sintética sobre la denominada "regla de sucesión de Laplace", la cual —entre otras cosas— ofrece un claro e interesante ejemplo de la componente propiamente matemática inherente a la mayor parte de los principios de tal doctrina. En base a los resultados esencialmente ya adquiridos en el trabajo de Bayes, la misma se propone como fórmula empleable para calcular el grado de corroboración o de confirmación, con relación a los datos probatorios relevantes, de las previsiones de naturaleza singular: constatado cierto atributo en n individuos, sobre $n + m$ individuos observados, la probabilidad o grado de confirmación de la hipótesis de que tal atributo pueda hallarse, en el futuro, también en un ulterior individuo de la misma especie, anteriormente no sujeto a observación alguna, es considerada igual a

$$\frac{(n+1)}{(n+m+2)}$$

En el caso de que valga la ecuación $m = 0$, es decir, en el caso de que las observaciones efectuadas no revelen ningún caso negativo, la entera fórmula asume la más simple estructura

$$\frac{(n+1)}{(n+2)}$$

Aparte de la amplia elaboración técnica y sistemática de estos principios admirablemente desarrollada en la *Théorie analytique des probabilités*, convertida también por ello en un verdadero clásico en la historia de la teoría de la probabilidad, Laplace no descuidó el considerar con sumo interés también el problema de las posibles aplicaciones del cálculo probabilístico. Sobre todo en el *Essai philosophique sur les probabilités*, con posición netamente iluminista, sometió a examen una vasta gama de efectivas o imaginadas utilizaciones prácticas del concepto de probabilidad, en el plano de la investigación científica como en el de la vida civil y social: teoría de los errores, investigación astronómica, juegos de azar, testimonios y sentencias legales, estadísticas demográficas, deliberaciones de asamblea, etcétera.

De todos modos, junto a tales aspectos innegablemente positivos, la doctrina probabilística de Laplace evidencia dificultades y límites bastante notables. Se trata tanto de inadecuadas determinaciones conceptuales (por ejemplo, en relación a las nociones de equiposibilidad), como de verdaderas consecuencias paradojales o contradictorias implicadas por sus principios (por ejemplo, por la regla de sucesión o por el principio de indiferencia). Todo ello, obviamente, ha contribuido a condicionar en formas diversas la fortuna histórica de los escritos de Laplace sobre el tema, la influencia y el prestigio de los cuales, de todos modos, fueron sin duda muy importantes durante el siglo pasado. Poisson, Quetelet, Gauss, Boole, De Morgan y muchos otros pensadores del siglo XIX retomaron y desarrollaron o profundizaron las tesis fundamentales de la concepción apriorística clásica de la probabilidad, decretando sustancialmente el triunfo de las mismas en su época (Maxwell llegó a afirmar que "la verdadera lógica de este mundo es el cálculo de las probabilidades"; Quetelet auspició la formulación en la investigación social, análogamente a lo establecido en la mecánica celeste laplaciana, de exactas leyes universales, si bien de forma estadístico-probabilística; y otros); mientras, a partir de los últimos decenios del siglo pasado y en el curso del actual, se delineó una tercera interpretación de la problemática en objeto, es decir, la *interpretación estadística o frecuentística de la probabilidad*, primero —como alternativa— por obra de penetrantes críticos de las ideas de Laplace tales como J. Venn y C. S. Peirce, luego por el aporte orgánicamente constructivo de teóricos más recientes como R. von Mises, H. Reichenbach, etcétera. Hoy, en fin, independientemente del perdurable suceso y de la extendida aplicación de esta última teoría probabilística, entendida como estudio de las frecuencias reales de propiedad o sucesos dentro de clases correspondientes de referencia, la concepción de Laplace de la probabilidad lógico-inductiva puede decirse repropuesta en nuevas formas en los imponentes tratados de J. M. Keynes, H. Jeffreys, R. Carnap y otros. Justamente, según el juicio de Carnap, "Bernoulli, Laplace y muchos de sus adeptos concibieron la idea de una teoría de la probabilidad inductiva, que, desarrollada completamente, proporcionara los medios para evaluar la aceptabilidad de asunciones hipotéticas en el campo de las investigaciones teóricas, así como, al mismo tiempo, los métodos para determinar una decisión racional en los casos prácticos de la vida. En la más sobria atmósfera cultural de fines del siglo XIX y, aún más, en la primera mitad de este siglo, tal idea fue considerada, en general, como una utopía. Es realmente cierto que los audaces pensadores del pasado no se acercaron tanto a la meta como ellos pensaban. Pero hoy existe quien osa pensar que aquellos pioneros no fueron solamente soñadores, y que en el futuro será posible realizar importantes progresos justamente en la dirección en que ellos proyectaron su mirada".

Ulteriores aportes científicos

El breve perfil de la obra de Laplace esbozado en las páginas que precedieron puede decirse ya concluido, en la medida en que, si bien sintéticamente, él mismo dio cuenta de todas las mayores adquisiciones que —en último análisis— le han asegurado un conspicuo y duradero título de gloria en la historia del pensamiento moderno. Del mismo modo, en virtud de la inspiración del propio enciclopedismo netamente iluminista, él también abordó con serio y específico empeño otros problemas ajenos al ámbito de las disciplinas sobre las que, como se ha revelado anteriormente, ejercitó eminentemente su reflexión.

Si bien no es posible aquí someter a examen tales contribuciones "menores" del trabajo de Laplace, conviene hacer por lo menos una concisa mención de las mismas, señalando al mismo tiempo algunas características salientes en sentido general.

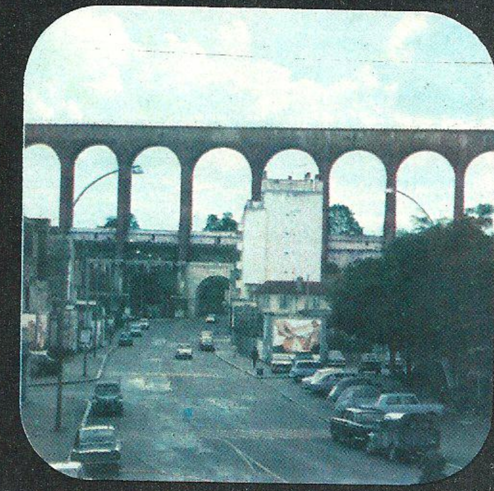
Entre los aportes de los que nos ocupamos ahora, merecen mencionarse, con diverso grado de importancia intrínseca e histórica, los estudios químicos sobre la composición de la atmósfera y sobre la descomposición del agua, así como las investigaciones físicas sobre la propagación de la luz y del sonido, sobre la detonación y, sobre todo, sobre la capilaridad y el calor, estos últimos en buena medida realizados en colaboración con Lavoisier. Lo que más sorprende en el caso de tales investigaciones de Laplace es, por una parte, la convicción de fondo siempre unitaria, en el sentido de que las explicaciones de los fenómenos considerados se establecen generalmente dentro del cuadro de la teoría mecanicista y determinista de la atracción universal; así como, por otra parte, el constante rigor metodológico, en virtud del cual el análisis científico de las múltiples y variadas cuestiones abordadas resulta uniformemente promovido según indiscutibles requisitos de naturaleza empírica y racional. En cuanto a este respecto, parece sin duda ejemplar la actividad que Laplace dedicó a la interpretación del complejo tema del calor, tanto que en la actualidad la misma es considerada justamente más crítica y más moderna que la análoga actividad realizada sobre el mismo tema por Lavoisier, en el curso de la célebre colaboración con Laplace recordada anteriormente; colaboración que, revelándose sumamente significativa desde el punto de vista del desarrollo de las técnicas métricas y experimentales, condujo también a la famosa concepción del calorímetro.

Balance final: la exaltación de las ciencias exactas en la cultura iluminista

El enorme volumen y dificultad de los problemas tratados, su severa y sistemática profundización técnica, la refinada metodología, el vivo interés por las aplicaciones de las ideas científicas, la claridad cartesiana del lenguaje, así como la investigación de teorías cada vez más generales o comprensivas y la fe en el progreso del conocimiento humano concurren a calificar la obra de Laplace en modo preciso y halagador. La misma se configura sin duda como la obra de uno de los mayores científicos del tardío



1



2



3

1, 2. Vistas del antiguo acueducto de Arcueil (Falchi).

3. La casa de Laplace en París, en el número 108 de la rue du Bac (Falchi).

En la página siguiente:

1. Estatua de Laplace, de J. Garraud (aprox. 1841). París, Observatorio (Archives photographiques).



Iluminismo. En esta perspectiva, parece relativamente poco importante decidir si Laplace logró los resultados más significativos en el campo de la matemática (análisis infinitesimal y cálculo probabilístico) y de la astronomía —según la opinión aquí sostenida— o bien en ulteriores sectores de la investigación. Lo que importa, en realidad, es señalar el doble hecho de que, por una parte, logró desarrollar hasta las consecuencias extremas el núcleo esencial de tesis básicas de la ciencia del XVIII: mecánica newtoniana de los fenómenos celestes y teoría de la probabilidad; mientras, por la otra, justamente con tal desarrollo ha señalado en buena medida, al pensamiento científico del siglo pasado y al actual, el camino a seguir. Si bien no puede ser considerado, en el sentido más cabal de la expresión, un científico genialmente creativo, por el arduo empeño de sus análisis y por la imponente vastedad y articulación enciclopédica de su trabajo se impuso sin duda como uno de los protagonistas de la cultura tardío-iluminista. Verdadero heredero de la *Encyclopédie* en cuyo espíritu supo efectivamente promover la que fue tal vez la máxima exaltación de las ciencias exactas, reivindicó con resuelta lucidez y concreto éxito entre los hombres de su tiempo tanto el alto valor cognoscitivo como la rica potencialidad de aplicaciones prácticas de las mismas. En virtud de tal posición en cuanto al dominio de los hechos científicos, Laplace terminó por aventurarse —si bien no sistemáticamente— también como filósofo. Sus opiniones gnoseológicas y cosmológicas, a menudo penetrantes y sugestivas, así como su famosa enunciación del determinismo, constituyen testimonios bastante elocuentes de ello, y confieren a la actividad de Laplace, considerada en su conjunto, un significado histórico importante e implicaciones teóricas en algunos casos todavía operantes.

Bibliografía

J.-B. Biot, *Essai sur l'histoire générale des sciences pendant la Révolution française*, París, 1803; H. Andoyer, *L'oeuvre scientifique de Laplace*, París, 1922; autores varios, *Histoire de la science*, ed. por M. Daumas, París, 1957;; autores varios, *Storia delle science*, editada por N. Abbagnano, vols. I y II, Turín, 1962; G. Abetti, *Storia dell'astronomia*, Florencia, 1963; Luis A. Santaló, *Laplace*, Buenos Aires, C.E.A.L.

Obras de Laplace en español: *Breve historia de la astronomía*, Buenos Aires, Austral, E. Calpe; *Ensayo filosófico sobre las probabilidades*, Buenos Aires, E. Calpe.

Polémica

Primera historia argentina integral

PLAN GENERAL DE LA OBRA

La obra desarrolla, a lo largo de 90 fascículos, toda la historia del proceso argentino desde la creación del Virreinato del Río de la Plata hasta nuestros días y ofrece, además, un conjunto de artículos polémicos sobre los grandes problemas que desde hace decenas de años enfrentan a los argentinos, y mesas redondas sobre los temas más controvertidos, los autores de los artículos y los participantes de las mesas redondas son reconocidos especialistas de las más diversas tendencias.

METODO CON QUE HA SIDO CONCEBIDA

Cada gran etapa de la historia argentina no estará presentada como un conjunto de datos inconexos, predominantemente políticos, sino como el desarrollo de una vasta estructura, que tiene un origen y una evolución. Esta concepción general llevará a la presentación de nuevos temas y nuevos personajes, a diferencia de las historias tradicionales y de los textos en uso.

ESTOS SON ALGUNOS DE LOS ARTICULOS ESPECIALES DE LOS PROXIMOS NUMEROS:

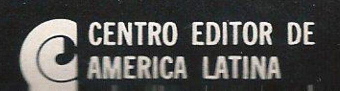
EL NEGRO EN EL RIO DE LA PLATA.
DEPENDENCIA COLONIAL O INDEPENDENCIA NACIONAL.
ARTIGAS, UN CAUDILLO REVOLUCIONARIO.
MONARQUIA O REPUBLICA.
"DEMOCRACIA BARBARA".
LOS TERRATENIENTES FEDERALES.
ADUANA Y POLITICA.
FACUNDO QUIROGA.
LAS ECONOMIAS PROVINCIALES.
"CIVILIZACION O BARBARIE"...

Además, la obra ofrecerá una variada y moderna documentación gráfica sobre cada uno de los temas, que constituye el ARCHIVO DOCUMENTAL ARGENTINO.



Todos los miércoles
COMPRE Y COLECCIONE

Polémica



¡NO QUEDE AL MARGEN DE LA HISTORIA! USTED DEBE LEER

Polémica

Primera historia argentina integral

POLEMICA es la primera historia **argentina que** le ofrece una imagen total de nuestro pasado porque estudia, sin prejuicios, las fuerzas políticas y económicas que se mueven en cada período, sus problemas sociales y culturales, los intereses y posiciones que representan sus principales protagonistas.

La historia del país no es sólo una lista de batallas y gobernantes.
POLEMICA es la historia viva del proceso total y le ofrece todos los datos para que usted pueda interpretarlo y sentirse parte de él.

POLEMICA es polémica:
¡le permite conocer las distintas posiciones para que usted se ubique y tome **su** posición!

POLEMICA
para el lector general, el estudiante, el profesor, el especialista...

Con solo 90 fascículos usted podrá formar y tener en su biblioteca la historia argentina más moderna, más lujosamente presentada, en 10 magníficos volúmenes con miles de ilustraciones a todo color y en blanco y negro que constituyen el más importante ARCHIVO DOCUMENTAL ARGENTINO.

Todos los miércoles
COMPRE Y COLECCIONE
POLEMICA
$ 1,50

CENTRO EDITOR DE AMERICA LATINA
más libros para más

